فلسفة

العلوم الطبيعية

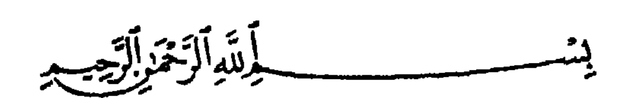
النظريات الذرية والكوانتم والنسبية

دكتور

عبد الفتاح مصطفى غنيمة

كلية الآداب - جامعة المنوفية

قسم الفلسفة وعلم النفس



إهـــداء

إلى أستــاذى الجليــل

الدكتور/ محمـود فهمـى زيـدان

تقديراً لأستاذيته ، وفضل علمه

عبـد الفتـاح مصطفـى

محتويات الفصل الأول

موجز علم الطبيعة عند القدماء والمحدثين

- **العلم الطبيعى عند الإغريق القدامى**
  - ١ – النزعة الطبيعية المادية عند فلاسفة المدرسة الأيونية
  - ٢ – النزعة الطبيعية المثالية فى المدرسة الفيثاغورية
  - ٣ – النزعة الطبيعية عند فلاسفة المدرسة الذرية
  - ٤ – الفلسفة الطبيعية عند أفلاطون وأرسطو
    - – أفلاطون والبحث فى العالم الطبيعى : أصل الكون
    - – أرسطو والبحث فى العلم الطبيعى

- **بدايات علم الطبيعة الحديث**
  - نيقولا كوبرنيق
  - كبلر
  - جاليليو

- **علم الطبيعة النيوتونى**
  - المادة وقوانين الحركة عند نيوتن
  - قانون الجذب العام
  - نظريات نيوتن فى الضوء
  - نيوتن والفلك
  - نيوتن والرياضيات

الفصـــل الأول

موجز علم الطبيعة عند القدماء والمحدثين

العلم الطبيعى عند الإغريق القدامى :

بدأ تاريخ الفكر الفلسفى القديم فى القرن السادس قبل الميلاد وقد عرف أغلب فلاسفة هذا العهد الأول بالطبيعيين لاهتمامهم بالعالم الخارجى ومحاولة تفسيره عن طريق عنصر طبيعى أو مبدأ أول تتكون منه كل الموجودات ، ويلاحظ أن الفلاسفة اهتموا فى أول الأمر بالظواهر الطبيعية قبل أن يحاولوا تفسير أدوات ادراكنا لهذه الظواهر – تساءلوا عن حقيقة المبدأ الأول للأشياء ، وتمثل هذا الاتجاه فى المدرسة الملطية (الطبيعيين الأوائل) عند **طاليس وأنكسمندريس وأنكسيمانس** ، وتجددت هذه المحاولة بأسلوب رياضى عند **الفيثاغوريين**[1]، ولكن البحث عن المبدأ الأول أثار مشكلات دقيقة عن الوجود واللاوجود والثبات والعدم والصيرورة والحركة ، فتصدى **هيراقليطس** والمدرسة الأيلية لمناقشتها . أما الطبيعيون المتأخرون فقد حاولوا التوفيق بين هذه الآراء وآراء الطبيعيين الأوائل فى البحث عن المبدأ الأول للأشياء – لتفسير اتصال الجواهر وانفصالها وتكاثفها وتخلخلها إلى غير ذلك من محاولات مختلفة تمثلت فى مواقف **أنباذ وقليس وديموقريطس وأنكساغوراس** .

من الأسئلة التى أثارت اهتمام الفلاسفة اليونانيين – ما هو التركيب الخفى للمادة ؟ – وأول اجابة أعطيت على هذا السؤال كانت منذ أكثر من ٢٥ قرنا . تتابعت الآراء فى ثلاث مدارس فلسفية ، هى المدرسة الأيونية والمدرسة الفيثاغورية والمدرسة الذرية .

---

(١) توصل فيثاغورس (٥٨٠ – ٥٠٠ ق.م) إلى أن العدد هو أصل الوجود . وذلك من تأمله للظواهر الحسية وحركات الأجرام السماوية .

راجع د. عبد الرحمن بدوى · **ربيع الفكر اليونانى** القاهرة مكتبة النهضة المصرية ١٩٦٩ ص ٧٩ – ٨١

(٢) هذه المرحلة تمتاز بظهور المذاهب الفلسفية الضخمة التى تمت وأكتملت فى كل الفروع : المنطق والمعرفة والأخلاق والميتافيزيقا والرياضيات ... الخ

راجع **Armstrong, An introduction to ancient philosophy** London, Methnen & Co., L.T.D ed 1972 p.92.

١ - النزعة الطبيعية المادية عند فلاسفة المدرسة الأيونية :

عند اليونان اعتبر طاليس وأقرانه من الطبيعيين الأوائل،سمو بالباحثين عن طبائع الأشياء أو حقائق الموجودات ، وأصبحت مهمة فلسفتهم البحث عن طبيعة الموجودات .

وهى المدرسة التى تعبر لنا عن بداية التفكير الفلسفى بمعناه الضيق فى بلاد اليونان ، ويطلق عليها أحيانا اسم المدرسة الطبيعية لأن أهم ما يميزها هو محاولتها تفسير الظواهر الطبيعية تفسيراً نظرياً بعيداً عن التفسير الأسطورى السابق لظهور فلاسفة هذه المدرسة[١].

الشيء الأصيل فى هذه المدرسة هو أنها لم تعترف بأى تفرقة حاسمة نهائية بين جوانب الكون المختلفة وعندما حاولت أن تفسر غرائب الكون وظواهر السماء فعلت ذلك بدلالة ما هو موجود على الأرض من الأشياء المعتادة فى الحرف .

طاليس هو أول من بدأ طريق الفلسفة الطويل ، يمكن القول أن فلسفته هى ثمرة للمد الفكرى الذى بلغه الانسان حتى عصره ، حيث بدأ لونا جديدا من التفكير يختلف عن تيار الفكر البشرى الذى كان سائدا حتى عصره،وإليه تنسب نظرية أن كل شيء يتكون من الماء ، أدرك هذا الفيلسوف أن الماء ضرورى لحياة الانسان والحيوان والنبات ، وأن شيئا ما ، لايمكن أن يثمر أو يتوالد بدون الماء ، كما أن البذور لجميع الأحياء تحتفظ بقدر من الرطوبة، وأن الماء هو العلة المادية للأشياء جميعا ، وأن الأرض تطفو فوق الماء،كان طاليس يريد أن يصل إلى مبدأ أول مادى ، يفسر به التغيرات المختلفة التى تطرأ على الظواهر الطبيعية - فرأى أن الماء هو العنصر الوحيد الذى يمكن أن يتخذ أشكالا مختلفة - يذكر طاليس أنه رأى بنفسه كيف تبدأ تحولات الماء لتعود إلى الماء ، فالماء يتحول بفعل الحرارة إلى بخار ثم يعود ليتساقط على هيئة مطر .

إنّ طاليس عند أرسطو هو مؤسس الطبيعة الأيونية لأنه يجعل من الماء سبباً لكل الموجودات ، يحاول أرسطو أن يعلل نظرية طاليس فى كتابه (الميتافيزيقا) بقوله عن هذا الفيلسوف « أنه قد يكون أستقر عند هذا الرأى لأنه لاحظ أن غذاء كل شيء رطب - وأنه قد يكون هو رطب وأن كل ماهو حار يعتمد فى حياته على الرطوبة ، ثم أن البذور

---

(١) د. أحمد فؤاد الأهوانى : فجر الفلسفة اليونانية ص ٢٠ ومابعدها

وأيضا : برتراندرسل :تاريخ الفلسفة الغربية جـ ١ ترجمة د. زكى نجيب محمود لجنة التأليف والترجمة والنشر ١٩٦٧

رطبة بطبيعتها ، وأن الماء هو المبدأ الطبيعي للرطب[1]. إنّ مادية طاليس تكمن فى اهتمامه بالطبيعة وهى مادية تتميز بأن كل المادة عنده شيء حى ، فالأرض قرص مستو يطفو على الماء وأن ثمة ماء فوق الرؤوس ومن حولها - وإلاّ فمن أين يأتى المطر ؟ وأن الشمس والقمر والنجوم هي بخار فى حالة اشتعال وإضاءة ، و أنها تسبح فى عالم من الماء . تلك محاولة من طاليس لارجاع الظواهر الطبيعية إلى أصل واحد على أساس منطقى والنظر إلى الموجودات على أنها وحدة متناسقة فى الوجود لأعطائه صورة متجانسة لعدد من حقائق المشاهدة،وهو بهذا قد قام بمحاولة علمية . **جاء أنكسمندريس Anaximander** (٦١٠ - ٥٤٧ ق.م) وقدّم نظرية عن الكون أكثر تفصيلا وأشد عمقاً وهى مشتقة فى حقيقتها من صانع الفخار ، ودور النار فى الحرارة ، كان أنكسمندريس يقول : أن الأشياء تبلغ من التعدد والتنوع درجة يستحيل معها أن ترد إلى مبدأ معين أو محدد، ولهذا فقد رأى أن الأشياء كلها ترجع فى الأصل إلى مبدأ أطلق عليه اسم **الأبيرون Apeiron** ، وهى كلمة يونانية معناها « اللامحدود أو اللامتعين » أو اللانهائى ، ذهب غالبية المفكرين إلى أن الأبيرون هو نوع من العماء أو الخلاء Chaos البدائى أو هو عبارة عن مادة حية صدرت عنها كل الأشياء .

يذهب أنكسمندريس إلى أن أصل العالم لايمكن أن يكون الماء ويدلل على ذلك بقوله ، أن الماء مهمـا بلغ من المرونة وقابلية التشكل فهو ذو صفات معروفة ، تستطيع أن تميزه بها من المواد الأخرى فالمواد الأخرى لها صفات تناقض الماء ، ولايعقل أن تكون الكائنات جميعا على تناقض صفاتها قد صدرت عن عنصر واحد ذى صفة معينة معروفة ، والأصلح أن يكون أصل العالم هو مادة لاشكل لها ولانهاية ولا حدود[2]. هذا هو التفسير الطبيعى لانكسمندريس ، وهو عبارة عن فكرة عقلية هى الحقيقة الثابتة وراء الظواهر المتغيرة وقد نشأت عنها الأشياء بالانفصال والإنضمام ، على هذا النحو تكونت أربع طبقات هى الحار والبارد والرطب واليابس ، فالأرض فى المركز وهى أثقل العناصر والماء يغطيها ، والهواء فوق الماء ثم النار تحتضن الجميع ، فالنار تسخن الماء فتؤدى إلى تبخيره وهذا بدوره يؤدى إلى ظهور الأرض الجافة من ناحية ، وتزايد حجم الهواء من ناحية أخرى ، ومن ثمّ تبدو الظواهر الطبيعية فى نشأتها وتطورها عن الأصل الأول أو المبدأ اللامحدود اللامتعين ، فهو مبدأ جميع الأشياء وعلتها « اللامتناهى »[3] وهو جوهر مختلف عن كل العناصر - وهذا

---

(١) يوسف كرم : **تاريخ الفلسفة اليونانية** دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٣

(٢) راجع : أحمد أمين ود. زكى نجيب محمود : قصة الفلسفة اليونانية ١٩٦٧ ص ١٦

(٣) لامتناهى بمعنيين : من حيث الكيف أى لامعين ، ومن حيث الكم أى لامحدود
راجع يوسف كرم : **تاريخ الفلسفة اليونانية** ١٩٤٩ ص ١٤ ، ١٥

اللامتناهى قديم لابداية له ، تصدر عنه كل السماوات والعوالم الموجودة فى هذه السماوات ، وأن العناصر الأربعة هى أشكال مشتركة للامتناهى .

لم يوضح أنكسمندريس حقيقة التغير أو التحول فى المادة ؟ بل قال فقط أن الأضداد تنفصل شيئا فشيئا عن الجسم اللامتناهى حيث تتكون الأشياء ، يتغلب الحار على البارد فى الصيف مثلا ويحدث العكس فى فصل الشتاء . هناك إذن على رأى أنكسمندريس — شيء أزلى لايفنى هو مصدر الأشياء جميعا وترجع إليه هذه الأشياء ، فهو معين لاينضب ، ورفض القول بكنه أو ماهيه هذا اللامتناهى ويفسر أنكسمندريس تكون الأشياء تفسيراً آليا أى بمجرد اجتماع عناصر مادية وافتراقها بتأثير الحركة دون علة فاعلية ودون غائية . ويمد أنكسمندريس الوجود إلى غير حد فى المكان والزمان ويقول بعوالم لاتحصى وبدور عام يتكرر إلى ما لانهاية .

ثالث الفلاسفة الأول هو **أنكسيمانس** Anaximenes (٥٨٨ — ٥٢٤ ق.م) رأى مثل طاليس أن المبدأ الأول الذى صدرت عنه الأشياء لابد أن يكون مبدأ محدداً ، له هيئة معينة، هذا المبدأ هو الهواء . لعل ما جعله يذهب إلى أن الهواء هو المبدأ الأول ، ما رآه من أهمية الهواء للكائنات الحية فالتنفس والحياة مرتبطان ارتباطا وثيقا ولهذا يقول أنكسيمانس (كما أن النفس لأنها هواء تمسكنا ، كذلك التنفس والهواء يحيط بالعالم بأسره)[١]. والمبدأ الأول عنده مادة محسوسة ومتجانسة تشيع فى كل أنحاء الوجود ، تغلف الأرض وتملأ جوانب السماء ، وتتغلغل فى كل الأشياء والموجودات مهما صغرت ، فهو الجوهر الأول لجميع الكائنات . جاء أنكسيمانس ليقول عكس سابقه بأن مبدأ الأشياء أو الموجودات معين ومحدود وهو الهواء ، وهذا الهواء ليس مرئيا ولكن البرودة والحرارة والرطوبة تجعل من الممكن رؤيته والهواء فى حركة دائمة ، لأنه لو كان ساكنا لما حدث تغير ما ، واختلافه فى الموجودات يكون بفعل التكاثف والتخلخل[٢] فعندما يتخلخل ويتمدد يصبح ناراً ، وعندما يتكاثف يصبح رياحاً ، وعندما يتبلد يصبح سُحباً وإذا ازداد التكثف أصبح صخراً[٣]. وإذن فالتغيرات التى تطرأ على المبدأ الأول هى تغيرات كميّة . يعتبر أنكسيمانس آخر فلاسفة المدرسة الملطية والمعبّر عن آخر نظرياتها فى تفسير الكون إذ أن فكرة العناصر الأربعة قد اختمرت فى عصره ، لتصبح فيما بعد التفسير السائد للظواهر

(١) د. أحمد فؤاد الأهوانى **فجر الفلسفة اليونانية** دار أحياء الكتب الطبعة الأولى ١٩٥٤ ص ٥٦

(٢) يصف بعض مؤرخى الفلسفة الملطية بأنها هى التى وضعت أساس (العلم الطبيعى) وباعتبار المادة قديمة وحية وقادرة على التحول إلى صور الوجود المختلفة

راجع يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٧

(٣) أحمد أمين ود. زكى نجيب محمود **قصة الفلسفة اليونانية** ص ١٧ — ١٨

الطبيعية فى الوجود . نلاحظ ان هؤلاء الثلاثة رفضوا الطريقة الأسطورية والشعرية التي كانت سائدة فى بلاد اليونان لتفسير ظواهر العالم وهى تلك الطريقة التى كانت ترصد إلهًا خاصا لكل ظواهر الكون - إله للحرب وإله للجمال وإله للمطر - إله للشمس والقمر ... الخ .

لم يقل طاليس أن المبدأ الأول الذى صدرت عنه الأشياء جميعا هو الماء لأن الماء هو أقوى الآلهة أو هو رب الأرباب – كلا – لكنه ذهب إلى تفسير العالم بالماء مع أسس عقلية نتيجة لملاحظاته لظواهر التغذية فى الكائنات – يمكن أن نفسر جرأة تأملاتهم على أنها راجعة لإحساسهم بالحاجة إلى معرفة العالم الذى نعيش فيه ، ولهذا كانوا طليعة التفلسف الطبيعى لمن بعدهم ، حاول ثلاثتهم معرفة العالم ككل ، تلك خاصية يتميز بها التفكير الفلسفى اليونانى . محاولة الوصول إلى الحقيقة النهائية **Ultimate reality** بمحاولة معرفة العلم بالعلل أو الأسباب ، كما يتلاحظ على هؤلاء الفلاسفة الطابع النقدى فى التفكير فأنكسمندريس لايقبل مبدأ أستاذه طاليس لأنه لايقنعه ، ثم يأتى أنكسيمانس فلا يرضى حتى بهذا المبدأ الجديد ويضع مبدأ ثالثاً ... وهكذا تستمر المحاولات . مما أوجد المدارس والمذاهب المختلفة . أعنى أنهم حاولوا تفسير العالم بأسره ورده إلى مبدأ واحد تصدر عنه الأشياء ، غير أن هؤلاء الثلاثة لم يستطيعوا أن يقدموا تفسيرا للتغير المستمر فى الأشياء وأسبابه وتلك هى المشكلة التى شغلت هيراقليطس الذى اعتبره أرسطو من جملة الفلاسفة الطبيعين وأول فيلسوف يحاول تفسير التغير .

كان هيراقليطس Heraclitus (٥٤٠ – ٤٧٥ ق.م) يعتبر أن العلم الجدير به هو التفكير العميق فى المعانى الكلية ، يخلع عليها أسلوباً فخماً مبهماً كثير الرموز والتشبيه ، حتى لقب بالغامض[١]. فلسفته عميقة قوية وهى التى خلدت اسمه – يرى فى النار المبدأ الأول الذى تصدر عنه الأشياء وترجع إليه – ولولا التغير لم يكن شيء فإن الإستقرار موت وعدم[٢].

« والأشياء فى تغير متصل »[٣] هذا قوله الأكبر وملخص مذهبه . والتغير صراع بين الأضداد ليحل بعضها محل بعض ، لولا المرض لما اشتهينا الصحة ولولا العمل مانعمنا بالراحة،وهناك مبادلة بين جميع الأشياء والنار ، وبين النار وجميع الأشياء ، كالمبادلة بين

(١) قال عن نفسه فى أسلوبه (إنه لايفصح عن الفكر ولا يخفيه ، ولكنه يشير إليه)
راجع يوسف كرم : **تاريخ الفلسفة اليونانية** ص ١٧

(٢) د. على سامى النشار وآخرون : **أثر هيراقليطس فى تاريخ الفكر الفلسفى** دار المعارف ص ٦٧ .

(٣) د. عبد الرحمن بدوى **ربيع الفكر اليونانى** القاهرة مكتبة النهضة المصرية ١٩٦٩ ص ٨٠

السلع والذهب وبين الذهب والسلع . وتتبع النار فى تحولاتها وتغيراتها طريقين متعارضين ، طريق هابط يبدأ حينما تأخذ النار فى الوهن والضعف ، وحينئذ تتكاثف النار فيصير بعضها حراً ويصير البعض الآخر أرضاً ، أما الطريق الصاعد فيبدأ حينما ترتفع من الأرض والبحار أبخرة ، فتتحول بالتكاثف إلى سحب ثم تأخذ العواصف فى تحويل السحب إلى برق ورعد فيتحول الماء إلى نار . والنار هى التى تسود فى نهاية الأمر وتعيد كل شىء إليها ، لأن نهاية العالم هى احتراق شامل.. وللنار وجهان هما : الجوع والشبع وأن النار تتفرق ثم تتجمع ثانية - إنها تتقدم وتتقهقر . والنار تحيا بموت الأرض - والهواء يحيا بموت النار ، والماء يحيا بموت الهواء - والأرض تحيا بموت الماء ، ومع كل ذلك يقول هيراقليطس بوحدة الوجود[1] ويمتاز بشعوره القوى بالتغير ، وأن الفكرتين لتستتبعان الشك حتماً ، فوحدة الوجود تعنى أن شيئا واحداً بعينه هو الوجود ، وأن ما عداه مظاهر وظواهر ، ولذلك فهيراقليطس هو الجد الأول للشك فى الفلسفة اليونانية ، لأنه فى الوقت الذى نادى فيه بوحدة الوجود التى عبر عنها بالنار ، مسايرا فى ذلك بقية فلاسفة المدرسة الأيونية ، فإنه قال بالتغير ، والجمع بين وحدة الوجود والتغير يستتبع لامحالة الشك ، لأن وحدة الوجود تقتضى أن يكون هناك جوهر واحد بعينه هو الموجود .

كلمة أخرى من أشهر كلمات هيراقليطس : الواحد هو الكل ، والكل هو الواحد : هاتين الكلمتين ، الواحد والكل ، قد تردان فى الحديث اليومى حين يفيض بنا الملل ، كله واحد او كأنما نحاول بالحكمة الكسولة أن نتخلص من المتاعب والهموم ، نستطيع أن نقول أن الكل يصدر عن الواحد ، كما ان الواحد يصدر عن الكل ، كلاهما مرتبط بالآخر فى تجانس وانسجام متبادل ، وكلاهما متفق ومختلف فى آن واحد . ولايتأتى فهمهما إلا فى اطار علاقة التوتر بينهما Opposite tension ، وما من شىء إلا وهو فى صيرورة متصلة وتحول مستمر ، ونهر الحياة يسيل على الدوام ، فنحن لانتنزل فيه مرتين ، ومن العبث أن نتشبث بالموجه ، فالأمواج تجرفنا ، ولا يلبث تيار الماء ان يتجدد تحت الأقدام أنت تنزل فى النهر الواحد ، ولاتنزل فيه .. ذلك أن النهر الواحد لايبقى نفس النهر ، وأنت أيضا لاتبقى على ما أنت عليه ، فنحن ننزل فى نفس الأنهار ولا ننزل فيها ، ونحن نكون ولا نكون ، ذلك أننا نتعثر على الدوام ، كل شىء يخطو إلى الأمام ، ولايبقى على

---

(١) مثل بقية فلاسفة ملطية إلا أنه يمتاز بشعوره القوى بالتغير ، والتغير يعنى أن كل كل موجود جزئى فهو كذا وليس كذا فى آن واحد . أو هو نقطة عندها الأضداد وتتنازعها ، فيمتنع وصفه بخصائص دائمة .

راجع ، يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية ص ١٩

حاله ، كل شيء يتغير ويتبدل ، وما لشيء على وجه الأرض من ثبات . وكل ماهو موجود يهوى إلى العدم ، والدهر طفل يلعب ويرتب الأحجار : نهار وليل ، وشتاء وصيف ، حرب وسلام ، شبع وجوع ... وينشب الصراع والحرب ، والحرب هى أم الأشياء ، تجعل البعض آلهة وأبطالاً ، وتجعل البعض الآخر بشراً ، وتحيل البعض عبيداً ، كما تجعل غيرهم أحراراً ، غير أن الأضداد تلتقى ، وينعقد الصلح بين الأعداء ، ويجتمع الكل وما هم بالكل ، ويتألف المتجانس والمتنافر ، وينسجم القوس مع الوتر ، وليس معنى هذا أن تيار الحياة سيتوقف ، بل معنى ذلك أن التحول مستمر ، ويمكن ادراك الثبات من وراء التحول ، ذلك أنه يتفوق ثم يتجمع ، ويبعد ثم يقترب ، ولايلبث المتجمع أن يتفرّق من جديد ، والحياة جرة تمزج العسل والمر ، والنصر والهزيمة ، والليل والنهار بلا انقطاع ، وإذا كان نهر الوجود يسيل على الدوام فإن الأبدى يتدفق أيضا على الدوام فى جميع الأشياء ، وإنما يكشف الصراع بين الأضداد عن العدالة الكامنة وراءه ، وتدل الكثرة المتدفقة المتغيرة على الوحدة الباقية .

ولكن ماهو الذى يبقى وإن تحوّل ؟ ويدوم على رغم التغيّر والتبدّل ؟! إن هيراقليطس يسميه تارة بالإله ، وأخرى بالدهر ، وثالثه بالطبيعة أو الحقيقة أو الجوهر ، إنه عنده هو الكل ، كما هو عنده الواحد ، إن حياة الانسان موت لغيره ، كما أن موته حياة لآخرين ، وفى كل لحظة تسبح فيها فى النهر يأتيك الدليل على أن النهر واحد ومتغير وأن جسدك واحد ومتغير أيضا ، وتعرف أن الزمن باق وإن أفنى كل مافيه[1]

إن أهمية مدرسة ملطية تكمن فى أنها حاولت أن تضع فروضا علمية لا صلة لها بالاخلاق ولا بالرغبات الذاتية أو الاجتماعية ولهذا اتجه روادها فى تفكيرهم نحو عالم ديناميكى من التحول المستمر المتبادل للعناصر المادية ، وعلى الرغم من أن الصورة التى قدموها لاتكمن فيما حققته بالفعل ، وإنما فيما حاولت تحقيقه – غير أن ضعف هذه المدرسة يكمن فى غموض منهجها الوصفى البحت ، وفلسفتها بهذا الوضع لاتقود إلى شيء ولايمكن صنع شيء محدد بها .

٢ – النزعة الطبيعية المثالية فى المدرسة الفيثاغورية :

(فيثاغورس ومدرسته) (٥٧٢ – ٤٩٧ ق.م) وهى مدرسة علمية عنيت

---

(١) د. عبد الغفار المكاوى : مدرسة الحكمة ص ٢١ – ٢٣ .

بالرياضة[1] والموسيقى والفلك[2] والطب[3] وعرفت بضع قضايا حسابية وهندسية . ووضعت فى الهندسة ألفاظا اصطلاحية . كانت جماعة المدرسة الفيثاغورية فى منشئها رابطة أخوة تهتم بممارسة الزهد ، ودراسة الرياضيات فى عصر تميز بالهزيمة المؤقتة لليونانيين على يد الفرس . وكان مطلوبا من كل عضو من أعضاء هذه المدرسة أن يحاسب ضميره بينه وبين نفسه ، وقد وجدوا فى الرياضيات مفتاحا لألغاز هذا الكون وأداة لتنقية الروح بدليل أن « بلوتارخ » قال بوصفه من أنصار المدرسة الفيثاغورية : (إن وظيفة الهندسة هى ابعادنا عن المحسوس والفانى إلى المعقول والخالد . فتأمل الخالد هو غاية الفلسفة ، كما أن تأمل الغوامض هو غاية الدين)[4].

ارتبطت المدرسة الفيثاغورية فى مرحلها الأولى بالتجربة العلمية ، **ففيثاغورس** Pythagoras هو واحد من أعظم العلماء اليونانيين ، فهو ليس رياضيا فحسب بل هو أحد العلماء التجريبيين ، من خلال التجربة استطاع أن يكتشف أسس الاتساق والتناغم

---

(١) يقول « ول ديورنت » ''Will Durant'' فى الباب الأول الذى عقده على مصر فى مجلده الأول من كتابه قصة الحضارة ترجمة محمد بدران - لجنة التأليف والترجمة والنشر جامعة الدول العربية ص ١٩٥٥ ص ١٥٩ - ١٧٩ .

إن مصر منذ بدء تاريخها المدون قد بلغت أعظم تقدم فى العلوم الرياضية ويكاد ينعقد الإجماع على أن فن الهندسة اختراع مصرى ، وقد سبق المصريون فيه اليونان والرومان وأوروبا الحديثة ويتحدث « سارتون » G. Sartone (مؤرخ العلم) فى كتاب له عن تاريخ العلم والنزعة الانسانية الجديدة . The History of science & The new Humanism عن مقالين فى الرياضة منشورين على ورقتى بردى عن أصل يرتد إلى أواخر الألف الثالثة قبل الميلاد ومن دلالات هذا التقدم الرياضى قيام الهرم الأكبر الذى يرجع تاريخه إلى القرن الثلاثين قبل الميلاد .

(٢) إن البابليين والكلدانيين كانوا أول من درس أجرام السماء وسبقوا شعوب الأرض إلى ملاحظة السيارات السبع وربطها بأيام الأسبوع السبع وتقسيم اليوم إلى ٢٤ ساعة - وتنبأوا منذ الماضى السحيق بكسوف الشمس وخسوف القمر .

(٣) إن قدماء المصريين كانوا أول من ابتدؤا العلوم الطبية - يقول « ديورانت » وغيره من مؤرخى العلم إن أقدم الوثائق المصرية فى الطب بردية (أدوين سميث) التى يرتد تاريخها إلى ستة وثلاثين قرنا مضت - وهى تصف ثمانى وأربعين حالة من حالات الجراحة التطبيقية وتعتبر اليوم أقدم وثيقة علمية فى تاريخ البشرية كلها ، ولذلك فان أكبر مفخرة علمية فى تاريخ مصر هى علم الطب . والمشهود لهم فى تحنيط الموتى - لتبقى آلاف السنين . اعتقادا منهم فى خلود النفس وحساب اليوم الآخر .

راجع : قصة الحضارة « ول ديورانت » ص ١٧٩ ومابعدها .

(٤) راجع د. عبد العظيم أنيس الحضارات القديمة واليونانية وزارة الثقافة دار الكاتب العربى .

Harmony فى الموسيقى ، وأول من استخدم لفظ الفلسفة بمعنى البحث عن طبيعة الأشياء ، ولقد لعب بعض تلاميذه دوراً تجريبياً هاما فى علم التشريح مستخدمين منهج الملاحظة والتجربة ، كما اشتغلوا فى مجالات مختلفة مثل علوم الصوت والحيوان والطب .

كان الفيثاغوريون يعتبرون العدد المبدأ الأول للعالم – والأعداد هى مفتاح فهم الكون ، أدخل فيثاغورس القياس فى العلم الطبيعى عندما اكتشف أن الأوتار تربطها علاقة تناسب بسيط ، تحدث أنغام موسيقية منتظمة مما جعله يربط الاتساق والتناغم بالنسب العددية وبالتالى بالأشكال الهندسية (العالم عدد ونغم ، والنغم توافق الأضداد) يميل المؤرخون إلى تصديق قصة يرويها بيوثيوس Boethius فى القرن السادس بعد الميلاد فقد مرّ فيثاغورس على دكان حداد يوماً ، وسمع أصوات المطارق وهى تنهال على السندان ، وظن فيثاغورس أن أختلاف الأصوات يتناسب مع قوة الرجال ، فطلب منهم تبادل المطارق ، فلم تتغير الأصوات ، فوذن المطارق المستخدمة ، فوجد أن أوزانها مختلفة وفيها تناسب عددى ، ومن هذا استنتج الوسط التوافقى للأصوات. وكان الفيثاغوريون يربطون بين الأعداد والأشكال الهندسية،بين الحساب والهندسة ، كان للنقطة عندهم كيان وللخط المستقيم عرض ، وللسطوح عمق ، وعندما تضاف النقط تصبح خطوطا ، وعندما تضاف الخطوط تصبح سطوحا ثم تصبح حجوما ، وأن المثلثات والمربعات يمكن تركيبها من نقط مرتبة ترتيبا مناسبا ، الخط المستقيم بنقطتين والمستوى بثلاث نقط والحجم بأربع نقط فى الفراغ . ويمكن بناء العالم من الأعداد ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ والعدد عشرة هو مجموع هذه الأرقام وهو عندهم قوة إلهية جبارة ، ينبنى على هذا أن نظريتهم فى الأعداد لم تكن رياضة فحسب ، ولم تكن علما طبيعيا فحسب ، بل كانت ديناً كذلك . كان تلاميذ فيثاغورس يقيمون صلاة للأعداد السحرية ويخاطبون العدد أربعة قائلين « باركنا أيها العدد السماوى الذى خلق الآلهة والناس » أنت أيها الرباعى المقدس الذى يضم أصل ومنبع هذا الخلق المتدفق إلى الأبد . « العدد أربعة رمز الحجوم أى رمز الفضاء نفسه » .

كان الفيثاغوريون يتمادون فى عملية المناظرة بين الأعداد والأشياء التى فى هذا العالم مما حدد نظرتهم إلى الكون ، فالأعداد الفردية مذكرة والأعداد الزوجية مؤنثة – والعدد واحد مصدر كل الأعداد ولذا اتخذوه رمزاً للتعقل والعدد اثنين رمزاً للرأى ، والعدد ثلاثة رمزاً للقدرة الجنسية ، والعدد أربعة رمزا للعدل ، والعدد خمسة رمزاً للزواج كما أن أسرار الألوان الطبيعية تعرف من صفات العدد خمسة والبرودة من صفات العدد ستة ، وسر الصحة فى العدد سبعة ، وسر الحب فى العدد ثمانية (الزواج ٥ + الجنس ٣) وسر الأرض فى المجسم الرأسى ، وسر النار فى شكل الهرم ، وسر السماوات فى المجسم ذى الأثنى عشر وجها .

ساهمت الفيثاغورية فى علم الفلك حيث نجد أن «ارستارخوس» "Aristarhus" وهو فيثاغورى متأخر أول من فكر بأن الأرض كروية وأن الأرض أحد الكواكب وليست مركز الكون وأن كل الكواكب بما فى ذلك الأرض تتحرك فى دوائر حول نار مركزية لاحول الشمس .

قولهم بكروية الأرض قد يكون لأن الدائرة خير الأشكال لكمال انتظام جميع أجزائها بالنسبة للمركز والنار المركزية فى وسط العالم . مجدوها وأسموها أم الآلهة – والهيكل الموقد هو المصدر الأول لكل حياة وكل حركة .

وأن الشمس تشرق بفعل الضوء المنعكس من هذه النار . وأنه هناك جسم افتراضى آخر مضاد للأرض[1] وأن الأرض ، والأرض المضادة والنار المركزية والشمس والقمر والكواكب الخمسة تكون أجساما سماوية عشرة ، والعدد عشرة هو عدد صوفى عند الفيثاغورين[2]، وعلى الرغم من أن الفيثاغورين قد بعدوا فى العلوم الطبيعية والفلك بشكل عام من الوقائع ، بإحلاهم صوفية العدد محل المعرفة .. إلا أنهم ربطوا تفسير الظواهر الطبيعية بالكم الرياضى .

٣ – النزعة الطبيعية عند فلاسفة المدرسة الذرية[3]:

ينسب المذهب الذرى إلى فيلسوفين هما **لوقيبوس** Leucippus وديموقريطس Democritus والأخير أشهر مؤسسى المذهب الذرى . يجدر الإشارة إلى آراء **أنبادوقليس** Empedoclis الفلسفية والتى حاول بها التوفيق بين كل من هيرقليطس من المدرسة الأيونية وبارمنيدس من المدرسة الأيلية ، ولأن آراء لوقيبوس وديموقريطس تعتبر بمثابة تصحيح لآراء أنبادوقليس فى أصل الوجود ونشأة الكائنات وفسادها .

---

(١) العدد الكامل هو العشرة لأنه مؤلف من الأعداد جميعا ، وحاصل على خصائصها جميعا ، فيلزم أن الأجرام السماوية المتحركة عشرة (لأن العالم كامل وحاصل على خصائص الكامل) ولكن لما كان المعروف المنظور منها تسعة فقط ، وضعوا أرضا مضاءة غير مقابلة لأرضنا إلى أسفل ليكملوا العدد عشرة .

(٢) تنسب هذه النظرية الفيثاغورية فى الفلك إلى « فيلالاوس » الذى عاش فى آخر القرن الخامس قبل الميلاد وهى نظرية خيالية وغير علمية إلا أن بها جهد تصورى .

(٣) اعتمدت فى عرضى لفلاسفة المدرسة الذرية على المراجع :
أحمد أمين وزكى نجيب محمود : « **قصة الفلسفة اليونانية** » ص ٤٨ ومابعدها
يوسف كرم : « **تاريخ الفلسفة اليونانية** » ص ٣٨ ومابعدها
برتراندرسل . « **تاريخ الفلسفة الغربية** » جزء أول ترجمة د . زكى نجيب محمود ص ١٠٨ ومابعدها

آراء أنبـادوقليـس Empedoclis (٤٩٠ - ٤٣٠ ق.م) :

وهو أول ثلاثة فلاسفة متعاصرين عادوا إلى معالجة المسألة الطبيعية وهم متأثرون بالأيلية والفيثاغورية ، يشتركون فى القول بأن أصل الأشياء كثرة حقيقية وأنه لايوجد تحول من مادة لأخرى . والأشياء تتألف من أصول ثابتة ويختلفون فى تصور هذه الأصول وطرائق انضمامها وانفصالها ، هؤلاء الفلاسفة هم أبنادوقليس ، وديموقريطس وأنكساغوراس . والأول هو من بشّر بظهور نظرية العناصر الأربعة فقد قال : أن كل شيء فى الكون مكون من عناصر أربعة هى التراب والماء والهواء والنار بنسب متفاوتة وباتصال هذه المكونات وانفصالها تتكون الكائنات وتختلف صفات هذه الكائنات باختلاف النسبة التى تلتقى وتمتزج بها تلك العناصر . وضرب المثل بقطعة من الخشب ، إذا ما احترقت تحولت إلى دخان هو الهواء ، وإلى ألسنة تندلع هى النار ، وإلى فقاقيع تنتفض هى الماء ، ثم إلى رماد هو أقرب الأشياء إلى التراب ، ولكى يزيد مذهبه حبكة واتساقاً ، ابتدع قوتين سماهما قوتى التنافر والتجاذب . ادّعى أنهما يربطان بين الأشياء إذا ارتبطت ، ويفصلان بينها إذا انفصلت وشبههما بقوتى الحب والكراهية فى الإنسان . فالحب يتكون من ذرات لاينقص عددها ولا يزيد منذ بداية الكون حتى نهايته ، والتغير والتحول الذى يحدث فى الكون يؤثر فقط فى كيف هذه الذرات لا فى كمّها .

آراء ديموقريطس ولوقيبوس الذرية : Democritus & Leucippus Atomic ideas

تتلمذ ديموقريطس (٤٧٠ - ٣٦١ ق.م) على أستاذه لوقيبوس واستفاد بعلمه ، دلتهما التجربة على وجود ذرات مادية غاية فى الدقة كالتى تتطاير فى أشعة الشمس وكالذرات الملونة التى تذوب فى الماء ، والذرات الرائحية التى تتصاعد مع الدخان أو الهواء وأن الضوء يخترق الأجسام الشفافة وأن الحرارة تخترق جميع الأجسام تقريبا ، فبدأ لهما أن فى كل جسم مسام خالية يستطيع آخر أن ينفذ منها . الوجود الواحد المتجانس ينقسم عندهم إلى عدد غير متناه من الوحدات المتجانسة غير المحسوسة لتناهيها فى الدقة تتحرك فى الخلاء ، تتلاقى وتفترق ، فتحدث بتلاقيها وافتراقها الكون والفساد ، ويرى ديموقريطس أن الضرورة الآلية[1] هى التى تدفع الذرات إلى الحركة المستمرة .

فى هذا الرجل اجتمعت صفتان ، المعرفة الوثيقة بالكم والمعرفة بالتجربة والحرف والفنون وظواهر الطبيعة ، ولذلك كان قمة فى افتراضاته العقلية عن طبيعة الكون ، تقوم :

(١) أهمية فكرة الضرورة بالنسبة إلى العلم ، أن التفسير إذا اعتمد على الضرورة الآلية فإنه يعمل على تقدم العلم.

راجع (برتراندرسل) : **تاريخ الفلسفة الغربية** جـ ١ ص ١١٩

نظريته على أساس أن الكون مكون من شيئين الذرات (Atoms) والخلاء (Void) والخلاء لانهائي في حدوده ، والذرات لانهائية في عددها . اقترح ديموقريطس طريقة لمعرفة تركيب المادة بأخذ أي قطعة من أي مادة وتقطيعها إلى أجزاء صغيرة ثم تقطيع كل جزء إلى أجزاء أصغر منه – وهكذا .. حتى يصل الانسان إلى أصغر جزء من المادة – وأقترح أن يسمى الأجزاء الصغيرة جدا بالذرات (Atoms)[1] وكلمة آتوم اليونانية القديمة تؤدى معنى مالا يتجزأ أو ما لايقبل القسمة . وعلى الرغم من أن الذرات كلها متماثلة في المادة ، إلا أنها تختلف في الحجم والشكل الهندسي . أوضح ديموقريطس أن الأجسام أو المواد تبدو لنا متصلة ، غير أنها في واقع الأمر تتكون من جسيمات متناهية في الصغر ، وأشكال هذه الجسيمات تختلف بإختلاف الأجسام ، ونظرا لتناهيها في الصغر ، فإنه يستحيل رؤيتها ولذلك فإن أي جسم يبدو متصلاً . يرى ديموقريطس أن كل شيء امتداد وحركة[2] فحسب ، ولم يستثنى النفس الانسانية ، إلا أن تركيبها أدق ولكنها لاتخلد فإنها خاضعة للقانون العام ، أى الكون والفساد .

إن نظرية ديموقريطس وضعت للخروج من التناقض بين الفلسفة التى تنفى الصيرورة ، والفلسفة التى تقول بالصيرورة المطلقة ، فالأشياء تتكون من مبدأين هما « الملاء » و « الخلاء » أو الذرات والخلاء ، ويعتبر ديموقريطس أن حركة الذرات أزلية وأن هذه الحركة تأتى من تصادم الذرات الذى يولد عواصف ، من حركات ينشأ عنها عدد لايحصى من العوالم ، والعوالم والأشياء تتكون حسب حتمية طبيعية ميكانيكية لاوجود فيها للغاية . ونتيجة لهذا فإن عالم ديموقريطس المادى[3] يتكون من حقيقتين : الذرات والخلاء أى المادة والعدم . وهما موضوع المعرفة الحقيقية .

أما النفس الانسانية والكائنات الحية ، فقد نشأت عن التراب الرطب أى أنها مركبة

---

(١) د. إسماعيل بسيونى هزاع **قصة الذرة** الهيئة العامة للكتاب ١٩٦٢ ص ٩ – ٣٩
وأيضا د. محمود فهمى زيدان : **الأستقراء والمنهج العلمى** دار الجامعات المصرية ١٩٧٧ ص ١٧٤

(٢) يوسف كرم : **تاريخ الفلسفة اليونانية** دار المعارف ١٩٤٩ ص ٣٨ – ٤٠ .

(٣) أن أنضج صور المذهب المادى Materialism قديما ، كان عند ديموقريطس وأستاذه لوقيبوس منشيء مذهب الجواهر المفردة Atomism ، فالموجودات جميعا تتألف عند اتباع هذا المذهب ، من جواهر فردة Atoms ، يفصل بينها خلاء وهى جزيئات لامتناهية العدد ، ولاتقبل القسمة بالفعل وتتميز بصفتين هما الشكل والمقدار .
راجع د. توفيق الطويل : **أسس الفلسفة الطبعة** الخامسة دار النهضة العربية ١٩٦٧ ص ٢٣٤
وأيضا **Burnet, John; Greek Philosophy From Thales to Plato.** **London 1943**

من هذه الجواهر المفردة أو الذرات بل حتى أن الآلهة مركبة من نفس الجواهر ، وكل ما هنالك من فرق بين الآلهة والبشر هو أن تركيب الآلهةأكثر دقة وأسرع حركة ، لذلك فهم أكثر حكمة وأطول عمرا من البشر ، الا أن آلهة ديموقريطس لاتبلغ الخلود ، خاضعة للقانون العام وهو الضرورة التى تقتضى الحركة ومن ثم الكون والفساد . والنفس الإنسانية طبيعتها نارية وهى تقوم بوظائف معينة كالفكر والغضب والشهوة ومركز هذه الوظائف الدماغ ثم القلب وأخيرا الكبد .

أن فلسفة ديموقريطس تشهد على جهد رائع ، بذله واضعها من أجل تفسير الظواهر الطبيعية بعلل وأسباب طبيعية ، دون الرجوع إلى أسباب دينية أو غائية . كما أن ذرية ديموقريطس هى السلف الشرعى لكل النظريات الذرية الحديثة فمازالت التفسيرات العميقة للفيزياء الحديثة تتضمن نفس التقاليد الذرية القديمة .

آراء أنكســـاغوراس Anaxgoras (٥٠٠ – ٤٢٨ ق.م) :

آخر الفلاسفة الذريين ، انتقد فكرة الضرورة الآلية عند ديموقريطس وهو يعتقد أن الأشياء متباينة فى الحقيقة كما تبدو للناظرين ، وأن قسمة الأجسام بالغة ما بلغت تنتهى دائما إلى أجزاء متجانسة للكل ، تنتهى إلى لحم فى اللحم وإلى عظم فى العظم وعلى ذلك لاترد الأشياء إلى مادة أو إلى بضع مواد وإنما إلى تنوع فى الكمية والحركة . وأن الحركة لابد وأن تكون من فعل موجود تسمو معرفته وقدرته على الموجودات جميعا . وهذا الموجود يجب أن يكون مفكرا معقولا وقادرا ، وهو العقل البصير الهادف ، وهو متميز عن المادة كل التميز ، إذ هو موجود بسيط غير قابل للقسمة ، والعقل ألطف الأشياء وأصفاها ، بسيط مفارق للطبائع كلها ، ولذلك يعد انكساغوراس أول المتكلمين عن الثنائية الفلسفية بين العقل والمادة وأول فيلسوف استطاع أن يميز بين العقل من جانب ، والمادة من جانب آخر . ولذا يعتبر حلقة الوصل بين مرحلتين : مرحلة الاهتمام بالمادة ومرحلة الاهتمام بالعقل وأن شئنا قلنا مرحلة الاهتمام بالطبيعة ومرحلة الاهتمام بالانسان .

٤ – الفلسفة الطبيعية عند أفلاطون وأرسطو ابان القرن الثالث ق.م :

هذه المرحلة تمتاز بظهور مذاهب فلسفية ضخمة تمثلت فى كل من أفلاطون وأرسطو ، والتى سيطرت على عقول البشر خلال قرون طويلة ، وحيث أكتملت فى تلك المرحلة كل فروع الفلسفة ، وباختصار فقد أكتملت الموسوعة الفلسفية على أيدى افلاطون وأرسطو عملاقا الفكر اليونانى الشامخ .

إننا مقدمون على فلاسفة عمالقة بحثو فى كل العلوم وطرقوا شتى مناحى المعرفة ولهم مذاهب خالدة تضم نظرياتهم فى الطبيعة والنفس والمنطق والاخلاق والسياسة والميتافيزيقا والرياضة ، وأن هذه العلوم كلها تؤلف ما يعنون بالفلسفة ، حين تحدثوا فى العلم الطبيعى لم يكن بحثهم تجريبيا وإنما بحثهم فلسفى ميتافيزيقى ، كما أنهم لم يكونوا فلاسفة طبيعيون مثل سابقيهم .

يؤكد كل مؤرخى العلوم الطبيعية أن العلوم اليونانية هى الشكل الكامل للعلوم التى سبقتها وهى تعبرّ بوضوح أن العلماء الحقيقيين ليسوا أولا ممن يكتشفون أشياء كثيرة ، لكن ممن يؤلفون المعارف فى نظام تقوم وحدته على ارتباط عناصره ، ارتباطا داخليا ·لاءم مع المقتضيات العقلية

أفلاطون والبحث فى العالم الطبيعى : Plato (٤٢٧ – ٣٤٧ ق.م) :

لماذا نعنى بأفلاطون فى كتاب عن العلم الطبيعى ؟ إن أفلاطون لم يقدم للعلم التجريبى أية مساهمة على الإطلاق ، ولم يقدم أى إنتاج خاص فى الرياضيات كما يرجح المؤرخون وإن كان مطلعا فحسب على الرياضيات ، صحيح أنه كتب على باب أكاديميته « لاتستطيع الدخول هنا إلا إذا عرفت الهندسة » إلا أن أفلاطون لم يساهم مساهمة تذكر فى الرياضيات ، إلا أن تأثيره أعطى الرياضيات دون شك إحتراما وتقديرا ، جذب إليها عقولا جيدة فيما بعد ، ولما كان هذا التأثير تجريديا وتأمليا بلا ريب ، فقد أبعد الرياضيات عن أصلها فى الخبرة العملية والتطبيق وأعاق تطورها ، غير أنه ثابت من كتاب القوانين ، كما يقول « رسل » : أنه كان على جهل بالرياضيات[1] إلى وقت متأخر نسبيا من حياته ، كما أنه بذل جهدا لاعادة العنصر الغيبى إلى الفلك حيث زاوج بين الفلك والرياضة – الفلك كما ينبغى ، لا كما هو موجود فعلا . ولم يترك فرصة للتعبير عن احتقاره للتكنيك والحرف إلا واستغلها .

---

(١) ألكسندر كواريه : **مدخل لقراءة أفلاطون** ترجمة عبد المجيد أبو النجا مراجعة د. أحمد فؤاد الأهوانى الدار المصرية للتأليف والترجمة يناير ١٩٦٦

وأيضا : د. عبد العظيم أنيس : « **الحضارات القديمة واليونانية** » وزارة الثقافة المؤسسة المصرية للتأليف والنشر دار الكاتب العربى ١٩٦٧

وأيضا : د. محمد غلاب : **الخصوبة والخلود لأفلاطون** فى انتاجه . مذاهب وشخصيات ١٩٦٢

وأيضاً : راجع برتراند رسل : **تاريخ الفلسفة الغربية** ترجمة د. زكى نجيب محمود الفصل الخاص بأفلاطون

الحقيقة أن أفلاطون ، كان له تأثير بارز حداً على كل المفكرين والفلاسفة والعلماء الذين أتوا بعده ، ولقد كانت آراؤه شديدة التأثير وقوية الإقناع الظاهرى إلى درجة أن علماء العصر الوسيط وعصر النهضة لم يستطيعوا الفكاك منها ، إلا أن اهتمامه بالرياضيات وهى عنصر ضرورى فى العلم الحديث ، دفعت دراسة المنطق خطوات إلى الأمام ، أكثر من كل المفكرين الذين سبقوه . وفوق ذلك فإن نظريته فى العلاقة بين الإدراك الحسى والتعلق بعالم غير محسوس قد أدت إلى نتائج كلاسيكية هامة أفادت مستقبل العلم فائدة ضخمة ، فهو يميز بشكل واضح بين الإدراك الحسى والفكر

افترض أفلاطون فى مذهبه فى خلق الكون أن النار والهواء والماء والتراب وجدت كلها من قديم ، أو منذ الأزل ، ولم توجد بفعل فاعل ، وأن الأرض والشمس والقمر والنجوم فطرت من هذه العناصر الجامدة ، التى لاروح فيها ، والتى تتحرك بالمصادفة البحته والقوى الكامنه فيها ، فالنار مؤلفة من ذرات هرمية أى ذات أربعة أوجه تشبه سن السهم لذلك كانت أسرع الأجسام وأنفذها ، والهواء مؤلف من ذرات ذات ثمانية أوجه أى من هرمين ، والماء من ذرات ذات عشرين وجها ، والتراب أثقل الأجسام من ذرات مكعبة ، ظلت العناصر مضطربة هوجاء « كما يكون الشىء وهو خلو من الإله » حتى عيّن الصانع لكل منها مكانه ، وترتيب حركته ، فكانت الأيام والليالى والشهور والفصول ، ورأى الصانع أن خير مقياس للزمان حركة الكواكب ، فأخذ ناراً وصنع الشمس والقمر والكواكب الأخرى مشتعلة مستديرة وجعل لكل منها تحركه[1].

نلاحظ أن أفلاطون لم يبحث فى علم الطبيعة بالمعنى الدقيق وإنما كان مهتما فى بحثه الطبيعى بأصل الكون والمادة الأولى التى نشأت عنها الأشياء الجزئية وصلتها بالله كصانع وخصائص تلك المادة الأولى .

كان أفلاطون يائسا من اليقين فى العلوم الطبيعية لاعتماد تحصيلها على الحواس ، لذلك فهو يرفضها ويقضى بعدم جوازها ، لأن العلم فيها لايعدو الظن والاحتمال ، فالعلم عنده لايكون علما إلا إذا كان مرئيا بالعقل رؤية اليقين ، واليقين المنشود عنده لايتحقق إلا فى الرياضة من جهة وفى الميتافيزيقا من جهة أخرى[2]. والفرق بينهما هو أن الرياضة تستند إلى فروض تبدأ منها استنتاجاتها اليقينية ، وأما الميتافيزيقا فهى رؤية الصور الكاملة

(١) يوسف كرم : « **تاريخ الفلسفة اليونانية** » دار المعارف ١٩٤٩ .

وأيضا : د. محمد على أبو ريان : « **تاريخ الفكر الفلسفى** » « **الفلسفة اليونانية** » من طاليس إلى أفلاطون ص ٢٢٤

(٢) د. زكى نجيب محمود : « **نحو فلسفة علمية** » ص ١٦٣ مكتبة الأنجلو المصرية الطبعة الأولى ١٩٥٨

للأشياء ، أى المثل رؤية مباشرة بالمواجهة الحدسية ، كما تواجه قرص الشمس لتراها .

أرسطو والبحث فى العلم الطبيعى (٣٨٤ - ٣٢٢ ق.م) :

أطلق أرسطو الفلسفة على العلم بأعم معانيه - النظرى من طبيعيات ورياضيات وإلهيات ، والعملى من أخلاق وسياسة واقتصاد ، واعتبر الفلسفة بمعناها الضيق وهو ما نسميه اليوم بما بعد الطبيعة (أى الميتافيزيقا) علم الموجودات بعللها الأولى أو علم الوجود بما هو كذلك ، مجرداً من كل يقيين ، وعرف أرسطو الفلسفة بأنها البحث فى الوجود بما هو موجود بالإطلاق ، أو هى البحث فى طبائع الأشياء وحقائق الموجودات رغبة فى معرفة العلل البعيدة والمبادىء الأولى ، وغاية البحث الفلسفى كشف الحقيقة لذاتها بصرف النظر عما يترتب عليها من نتائج وآثار . والعلم الطبيعى عند أرسطو هو الفلسفة الثانية على اعتبار أن الفلسفة الأولى هى ما سمى بعد الطبيعة .

يمكن استخلاص وجهة نظر أرسطو فى العلم الطبيعى من كتابيه « الطبيعيات » Phsica و « فى السماء » De caelo وهذان الكتابات يرتبطان بشكل وثيق ، حيث كان لهما تأثير شديد ، فقد سيطر كل منهما على روح العلم حتى عصر « جاليليو » .

وما تزال كثير من الكلمات مثل (عالم ما تحت القمر) وغيرها من الكلمات المألوفة لنا مشتقة من النظريات المذكورة فى هذين الكتابين . ولذا فلابد من تلخيص الأفكار الأساسية لهذين الكتابين ، على الرغم من أنه يصعب اليوم قبول أى فكره من أفكار هذين الكتابين على ضوء نتائج أبحاث العلم الحديث .

تعتبر الفيزياء عند « أرسطو » مفتاح فهم العالم . وماعناه « أرسطو » بالفيزياء ليس مانعنيه اليوم (قوانين حركة المادة غير الحية) بل على العكس ففيزياء (أو طبيعة) أى كائن هى اتجاه نمو هذا الكائن وكيف ينمو عادة . لقد بدت لليونانيين أهمية مجموعتين من الظواهر : حركة الحيوانات ، وحركة الأجسام السماوية . وعند رجل العلم الحديث ، يعتبر جسم الانسان فى حكم ماكينة مفصلة ودقيقة جداً ، ذات تركيب فيزيائى وكيميائى معقد . أما بالنسبة لليونانيين ، فقد بدا أكثر طبيعية أن يؤلفوا بين الحركات التى لاحياة فيها وبين حركة الحيوانات . ومازال الانسان حتى اليوم يميز الحيوانات الحية عن الأشياء الأخرى بحقيقة أنها تتحرك من تلقاء نفسها . وقد كانت هذه الخاصية نفسها هى أساس نظرية العلم الطبيعى « الفلسفة الثانية » عند « أرسطو » والتى شجعته على هذا أبحاثه فى علم الحيوان . ولكن ماذا عن الأجرام السماوية ؟ إنها تختلف عن الحيوانات بانتظام حركاتها ، وربما كان ذلك نتيجة كمالها الأعلى . ولقد كان كل فيلسوف يونانى يتعلم فى

طفولته أن ينظر إلى الشمس والقمر كإلهين .

وعندما ينظر الفيلسوف إلى الأجسام السماوية كأجسام مقدسة ، يكون من الطبيعى أن يعتقد أنها تتحرك بإرادة مقدسة ، لها ولع بالنظام والبساطة الهندسية . وهكذا فالمنبع النهائى لكل حركة هو الإرادة ، إرادة الكائنات البشرية والحيوانات على الأرض ، وإرادة المحرّك الأول بالتصور اليونانى التى لاتتغير .

إنّ الفيزياء عند أرسطو ، هى مايسميه اليونانيون Phusis[1]، وهى كلمة ترتبط بفكرة النمو ، وهذه الكلمة ليس لها المعنى الذى تعطيه كلمة الطبيعة اليوم . إن طبيعة الشيء عند « أرسطو » هى غايته ، التى من أجلها يوجد ولذا فللكلمة معنى غائى . فبعض الأشياء توجد بالطبيعة ، والبعض الآخر من أسباب أخرى ، والحيوانات والنباتات والأجسام البسيطة كالعناصر توجد بالطبيعة . إن لديها مبدأ داخليا[2] للحركة ، والطبيعة هى مصدر الحركة والسكون ، وللأشياء طبيعة إن كان لها مبدأ داخلى من هذا النوع . ولذا فالطبيعة هى فى الشكل أكثر منها فى المادة ، وما هو بشكل كامن لحم أو عظم لم يحصل بعد على طبيعته ، ووجهة النظر هذه تبدو ، وكأن علم الأحياء يوحى بها . فالثمرة هى بشكل كامن شجرة ما .

إن الطبيعة تنتمى إلى فئة من العلل التى تعمل من أجل شيء ، وهذا يؤدى بدوره إلى مناقشة وجهة النظر التى تقول أن الطبيعة تعمل بالضرورة دون غرض ، وهو الأمر الذى يرفضه « أرسطو » وهو يقول إنّ هذا لايمكن أن يكون صحيحا ، لأن الأشياء تحدث بطريقة ثابته . وعندما تصل السلسلة إلى نهايتها فان كل الخطوات السابقة عليها هى من أجل هذه النهاية ، والأشياء الطبيعية ، بالحركة المستمرة النابعة من مبدأ داخلى ، تصل إلى نوع من الاكتمال يقول أرسطو « أنه لمّا كان كل متحرك إنما يتحرك بفعل شيء ما بالضرورة سواء كان متحركا بفعل شيء متحرك أو كان هذا المتحرك الأخير متحركا بفعل متحرك آخر – متحرك أيضا ، وهذا الأخير بفعل متحرك آخر متحرك أيضا ، وهذا الأخير بفعل متحرك آخر وهكذا[3].

---

(١) د. عبد العظيم أنيس « **الحضارات القديمة واليونانية** » ص ٢١٩ دار الكاتب العربى ١٩٦٧ وزارة الثقافة المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر

(٢) مانعنيه بالحركة هنا ما يعبر عنه بكلمة Motion وهى ذات معنى أوسع من معنى الحركة الآلية أو النقله Locomotion فبالاضافة إلى الحركة الآلية تتضمن الكلمة الأولى التغير فى الكيف أو الحجم .

(٣) د. محمد على أبو ريان : « **تاريخ الفكر الفلسفى** » أرسطو دار الكاتب العربى ١٩٦٧ ص ١١٣

فإنّه يجب بالضرورة الوقوف عند محرك أول ، وألا نستمر إلى ما لانهاية ، ولهذا لزم القول بمحرك أول ثابت يحرّك ولايتحرّك .

إن موقف أرسطو من العلم الطبيعي الذي ذاع صيته قد عاق تقدم هذا العلم حوالى ألفي عام . حتى قال البعض إن بعض دم برونو وجاليليو فى عنق أرسطو[١].

ينبغي أن نقول مباشرة أن وجهة نظر « أرسطو » فى الحركة المستمرة تتناقض مع نسبية الحركة بالمعنى الحديث ونحن اليوم نقول أنه عندما تتحرك « أ » بالنسبة «ب» ، فإن «ب» تتحرك نسبيا إلى « أ » ولامعنى إذن لأن نقول أن إحداهما تتحرك بينما الأخرى ساكنة .

« وأرسطو ، عندما يبحث عن تفسير علمي لسقوط حجر مثلا إلى الأرض ، لايجد ما يقوله لنا إلا : **هذه هى طبيعته** وهى إجابة لاتخرج فى الواقع عن القول بأن هذه هى إرادة الله ، وإن بدت أكثر علمية . ولذا لم يكن تفسير « أرسطو » للعالم أكثر معقولية من تفسير أفلاطون .

نظرية أرسطو فى العلل الأربعة :

الطبيعة عند أرسطو تعمل لغاية ، وأن جميع العلل فيها موجهة لتحقيق غايات ، وأن أى شيء يحدث فى الطبيعة ، إنما يحدث لغاية ما ، ولما كانت كلمة « الطبيعة » تعنى أمرين المادة والصورة ، وكانت الصورة هى الغاية التى من أجلها يتم إنجازها الشيء ، ومن ثمّ فإن أرسطو يقيم الضرورة الغائية مكان الضرورة الميكانيكية ، والضرورى فى الأشياء الطبيعية هو المادة والحركة وعلى الفيزيائى أن يبحث فى نوعين من العلل المادية والغائية على أن يكون ميدان بحثه الحقيقى هو العلل الغائية ، ذلك لأن الغاية علة للمادة وليست المادة علة الغاية هى ماتضعه الطبيعة نصب أعينها . أمّا فى أمور الحرف والصناعة فإن الغاية متقدمة على العلل الأخرى[٢].

لقد أنشأ « أرسطو » عالمه الطبيعي فى صورة عالم اجتماعى مثالى ، يكون فيه الخضوع هو الحالة الطبيعية . وفى هذا العالم عرف كل شيء مكانه ، وفى معظم الأحيان يلتزم به ، فالحركة الطبيعية تحدث فقط عندما يكون الشيء فى غير مكانه ويميل إلى العودة إليه مرة أخرى ، كالحجر عندما يسقط إلى الأرض ، أو الشرارة عندما تنطلق إلى أعلى لتنضم إلى النيران الثانوية وهذا ينطبق فقط على الأشياء التى ليس لها حركة خاصة بها . فمن طبيعة

---

(١) د. عبد العظيم أنيس · « **الحضارات القديمة واليونانية** » دار الكاتب العربى ١٩٦٧ ص ١٢١

(٢) راجع د. محمد على أبو ريان **تاريخ الفكر الفلسفى** أرسطو ص (٨٦ ‍ ٩٠) ١٩٦٧

الطير أن تطير فى الهواء ، ومن طبيعة السمكة أن تسبح فى الماء . إن هذا الواقع هو ما خلقت الطيور والأسماك من أجله . وفى هذا نرى أحد أفكاره الأساسية ، فكرة العلل الغائية التى نلحظها فى سلوك الكائنات ، بل وحتى المادة ، تهدف الوصول إلى غايات مناسبة .

اعترف أرسطو بعلل أخرى ، مثل العلة الصورية والعلة الفاعلة ، اللتين تقدمان الدعامة المادية وتجعلان الأشياء تعمل ، ولكنه اعتبرهما أسبابا أدنى من العلل الغائية . ولقد كان هذا المبدأ لعنة على العلم ، إذ أنه يقدم وسيلة كاذبة لتفسير أى ظاهرة بالتسليم بوجود غاية مناسبة لها ، دون أن نكلف أنفسنا بحث كيف تعمل هذه الظاهرة .

لقد كان النضال ضد العلل الغائية فى العلم طويلا ، ومازال النصر حتى اليوم غير كامل ووفق رأى « أرسطو » فالحركة الطبيعية غائية ، وكل حركة أخرى تحتاج إلى محرك كالحصان عندما يجر العربة ، والعبيد عندما يجرون عربات الحرب ، أو كالمحرك غير المتحرك عندما يحرك السماء .

ومع ذلك فماذا يمكن أن يقال عن الحركة العنيفة ، كحركة السهم عندما ينطلق من القوس ؟ منذ زمن طويل كانت هذه المسألة صعبة لدى الفكر اليونانى ، ولقد أثبت « زينون » بالمنطق أن السهم لايتحرك أبدا . غير أن هذا الحل لم يكن من الممكن أن يقبله « أرسطو » ولذا كان لابد من البحث عن حل آخر . ولقد وجد « أرسطو » هذا الحل الآخر عندما ادعىّ بأن الهواء هو الذى يحرك السهم ، فالهواء يفتح أمامه ويقفل خلفه .

وغنى عن البيان أن هذا التفسير خاطىء ، ولقد أدى هذا الخطأ إلى خطأ آخر تبين أنه كان حجر عثرة أمام العلم الطبيعى فيما بعد . فإذا كان الهواء ضروريا للحركة ، والحركة العنيفة موجودة فى عالم ما تحت القمر ، فلابد إذن أن هذا العالم ملىء بالهواء ، والفراغ إذن مستحيل . وأحيانا يستخدم « أرسطو » حجة أخرى ضد الفراغ ، وهى تبدو متناقضة مع الأولى . فهو يقول : (لما كان الهواء يقاوم الحركة ، فإنه إذا سحب الهواء فإن الجسم إمّا أن يقف ساكنا بسبب أنه لايجد مكاناً يذهب إليه ، أو أنه إذا تحرك ، فإنه يستمر فى الحركة بنفس السرعة إلى الأبد . ولما كان هذا غير معقول فلابد من التسليم بأنه لايوجد فراغ .

تقسيم العلوم عند أرسطو :

إن أرسطو يقسم العلوم إلى نظرية وعملية وصناعية فنية ، إن الغاية المباشرة لكل من

هذه العلوم هى المعرفة ، أما الغاية البعيدة فهى المعرفة للعلوم النظرية والعمل الخلقى للعلوم العملية . وأخيرا صنع الأشياء النافعة والجميلة للعلوم الصناعية .

والعلوم النظرية تشمل الرياضة والطبيعة وعلم ما وراء الطبيعة (الميتافيزيقا) . وعلم الطبيعة يدرس الموجودات المادية الموجودة حقا من حيث هى متحركة ، فالو. .د الطبيعى عند أرسطو هو الذى يتعلق بالمادة فى الحقيقة وفى الذهن ، فلن نستطيع تصور الانسان إلا فى لحم وعظم .

وهكذا سائر الموجودات الطبيعية فى المادة التى تلائمها . وكل ما هو مادى فهو متحرك ، وموضوع العلم الطبيعى الوجود المتحرك حركة محسوسة بالفعل أو بالقوة[1]. تليه الرياضيات التى تدرس كائنات مادية لاوجود حقيقى لها انفصلت عن الكائنات الطبيعية وموضوعها الأعداد والأشكال الهندسية وهى غير متحركة .

الفلسفة الطبيعية عند « أرسطو » :

يمكن تحديد الموضوعات التى بحث فيها « أرسطو » فى مؤلفاته الطبيعية على الشكل الآتى :

١ – العلل الأولى والعناصر التى تقوم عليها الطبيعة التى تظهر مرتبطة بكل تبدل (كتاب الطبيعيات القسمان الأول والثانى) ثم الحركة الطبيعية على الإجمال (الطبيعيات من القسم الثالث إلى الثامن) .

٢ – نظام وحركة الكواكب (كتاب فى السماء : القسمان الأول والثانى) عدد وطبيعة العناصر الأرضية وكيفية تحولها فيما بينها (كتاب فى السماء : القسمان الثالث والرابع) .

٣ – الكون (النشأة) والفساد[2].

٤ – كل مايعم حسب الطبيعة والكائنات الحية من نبات وحيوان وانسان .

حين يطلق « أرسطو » لفظ الطبيعة على العالم ، لايقصد أن يدل على موجود واحد مركب من نفس وجسم ، بل يريد مجموع الأجسام مرتبة فى نظام واحد ، إن علم الطبيعة يعالج الأجسام الطبيعية بنوع الاجمال ، أو طبيعة الأجسام التى تتميز بالحركة

(١) راجع يوسف كرم : « تاريخ الفلسفة اليونانية » دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٣٣

(٢) أرسطو طاليس : « الكون والفساد » ترجمة أحمد لطفى السيد – مجموعة من الشرق والغرب الدار القومية ، بدون تاريخ .

والسكون ، وهذا التحديد يشمل الكائنات الحية والعناصر وكل ماينتج عنها وتكون حركة هذه الجواهر الطبيعية إما حركة دورية ، وإما اتجاه وسط العالم أو بعيداً عنه . وللأشياء المصنوعة حركة طبيعية بسبب العناصر التى تتكون منها .

العلم الطبيعى عند أرسطو هو دراسة الموجودات المتحركة حركة محسوسة يمكن إدراكها بحواسنا الظاهرة وقد تكون الحركة تامة أى بالفعل ، وقد يكون مجرد استعداد أى بالقوة . وغاية العلم الطبيعى عند « أرسطو » المعرفة ، بمعنى تفسير الظواهر الطبيعية تفسيرا عقليا ، وبهدف اكتشاف العلل الأولى للأشياء عن « الكون والفساد » ، وعلل أى تغير طبيعى . يضع « أرسطو » مبادىء ثلاثة يفسر بها الوجود الطبيعى أولها « **الهيولى** » وهى موضوع التغير وثانيها « **العدم** » وهو نقطة نهاية صورة وبداية صورة أخرى ، ولايمكن تحديد هذا العدم ، والمبدأ الثالث هو « **الصورة** » وهى التى تحدد شكل الهيولى وتعينه كموضوع ، وبمعنى آخر الصورة والهيولى يتحدان اتحاداً جوهريا ليكونا موجوداً واحداً ، كل منهما مفتقر إلى الآخر ويمكن تصور انفصالهما فى الذهن فقط بالاستناد إلى الواقع المحسوس ، والصور المفارقة عند أرسطو هى الله والعقول المفارقة التى تدير الكواكب وتحركها ، أما بقية الموجودات الجوهرية فهى صور فى هيولى لا يمكن أن تنفصل . إذن الصورة والهيولى هما المكونان الأساسيان للوجود الطبيعى فالصورة هى الماهية أو المبدأ بالنسبة للموجودات .

يعرف أرسطو **الماهية** بأنها ما من شأنها أن تجعل الموجود يستمر فى الوجود حسب حصوله أو حدوثه لأول مرة فى هذا الوجود . أى أن الماهية هى التى تضمن أو تؤكد استمرار وجود الشىء وتحققه كفعل ، والصورة لاتنحل أبدا إلى وجود آخر ، وأما الهيولى فهو دائما موضوع التغير .

وعند أرسطو : الصورة مبدأ أول للوجود الطبيعى لأنها فعل ، أما الهيولى فهو قوة ، والفعل متقدم على القوة فى المرتبة .

يقول « أرسطو » أن نسبة الفعل إلى القوة هى كنسبة المستيقظ إلى النائم أو كنسبة الشىء التام إلى الشىء غير التام ، ويؤكد أنه لايمكن أن يقال عن الفعل أنه تمام الشىء وكماله إلا إذا صحبته صفة الاستمرار ، ولهذا يقال أن فعل العين هو الرؤية بشرط صفة الاستمرار للرؤية ، حتى يمكن أن يقال أنه فعل العين بتمامه وكماله ، وليس للقوة أى مفهوم إلا باضافتها إلى الفعل ، إذ أن الفعل يظل دائما المركز الذى تتجه إليه جميع الموجودات التى تكون بالقوة . ويرفض « أرسطو » التسليم بوجود اللامحدود أو اللامعين قبل المحدود أو المعين ، فأى شىء فى الوجود لابد أن تكون له ماهية حتى يكون له وجود معين بالفعل .

التغير والحركة والزمان والمكان :

إن الطبيعة هي جملة الموجودات المادية والمتحركة أو المتبدلة بمعنى التغير ، وكل تغير فهو من طرف إلى طرف ضده . والتغير من اللاوجود إلى الوجود يسمى كوناً ، والتغير العكسي أى من الوجود إلى اللاوجود يسمى فساداً . الحركة عند أرسطو هى خروج ما كان بالقوة إلى الفعل[1] ، فالأحجار المتراصة هى البيت بالقوة وحين يتم البناء تصبح بالفعل ، بمعنى آخر - الحركة ليست قوة فقط ولا فعلاً فقط ولكنها مزيج من الإثنين ، إنها فعل غير كامل أو فعل يقترن بالقوة ، لأن الفعل يعنى انتهاء الحركة ولا قوة فقط لأن القوة قائمة وحدها قبل بدء الحركة . وتحليل الحركة عند أرسطو يدعو إلى تمييز عدة عناصر هى :

المحرك والمتحرك ، ثم زمان الحركة ونقطة انطلاقها ونقطة وصولها . أما السكون فهو غاية الحركة . إن الحركة هى حركة بين ضدين أو بين نقيضين فى حين أن الحركة الدائرية لاتتوقف فكيف يمكن أن يقال أن هذه الحركة انتقالا من طرف إلى ضده . والحركة عند أرسطو من طرفى ايجابى إلى نقيضه تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

(أ) **الحركة المكانية وأسماها نقلة** : وهى الحركة الموضعية الظاهرة ، وللكائن الحى نقلة ، تختلف عن الحجر والكواكب التى تتحرك حركة دائرية .

(ب) **الحركة الكمية وهى نمو ونقصان** : وذلك كما يكبر الطفل ليصبح شابا وحينما يضمر المريض لقلة الغذاء

(جـ) **الحركة الكيفية وهى استحالة** : كتغير لون الجلد فى حالة المرض .

ويرتبط بالحركة الزمان والمكان - إن العالم محدود الامتداد ولايوجد مكان خارج عنه - أما الزمان فهو غير محدود والعالم أزلى . وأما المكان : فنوعان : مكان مشترك يوجد فيه جسمان أو أكثر ومكان خاص يوجد فيه كل جسم أولاً ، فمثلا أنت الآن فى السماء لأنك فى الهواء ، والهواء فى السماء ، ثم أنت فى الهواء لأنك على الأرض وأنت على الأرض لأنك فى هذا المكان الذى لايحوى شيئا لأن الله هو الذى يحركه ، وإن كان الله ليس علة فاعلية عند « أرسطو » لأن العالم يتحرك من ذاته ، والحركة قديمة ، وهناك أفلاك أخرى توجد فيها نجوم تحركها كائنات غير مادية إلهية نوعا ما ، هى عقولها ، والأرض تقع فى الوسط وتتألف من العناصر الأساسية الخمسة : **الأثير والهواء والنار**

---

(١) اعتمدت على المراجع :

يوسف كرم : « **تاريخ الفلسفة اليونانية** » ص ١٥٠ - ١٥٣

د. محمد على أبو ريان : « **تاريخ الفكر الفلسفى** » أرسطو ص ١٠٧ - ١٠٨

د. عبد الرحمن بدوى . « **ربيع الفكر اليونانى** » ص ١٢٨ ومابعدها

والماء والتراب . إن الأثير يملأ الأجواء السماوية ومنه تتكون الأفلاك والنجوم ، أما العناصر الأخرى فهى على الأرض وتختلف فيما بينها ، حسب الثقل أو الخفة ، ثم الحرارة أو البرودة ، وأخيرا الرطوبة واليابس . والكائنات الطبيعية تنتظم بالتسلسل ، الجماد فى الأسفل ، ثم يليه فى الدرجة الأعلى النبات ، وفوقه الحيوان وأخيراً الإنسان ، وكل كائن يحتوى على خصائص ، وقوة الكائن القائم تحته فى التسلسل . ثم إن النبات يتغذى وينمو ويتكاثر ، ويليه الحيوان ، وهنا يضيف « أرسطو » إلى وظائف الحيوان الإدراك الحسى والشهوة والتحرك المكانى .

وأخيرا الانسان الذى لديه ما لدى الحيوان والنبات مع اضافة العقل مما يمكنه من أن يكون عملياً ونظرياً .

الفلك عند أرسطو :

يقسم « أرسطو » العالم إلى قسمين : عالم ما تحت القمر وعالم ما فوقه – أى عالمنا ، وعالم النجوم والكواكب ، العالم الفوقى يتكون من كائنات بسيطة وهو أزلى ، الحركة فيه لاتعنى الانتقال إلى الضد لأنها دائرية ، أما الأرض فهى قائمة فى الوسط ضمن أفلاك سبعة وهى غير متحركة . يقدم أرسطو فى كتابه **فى السماوات** نظرية بسيطة وطريفه فى الفلك . الأشياء أسفل القمر تخضع للتوالد والتحلل ، أما ابتداءً من القمر فما فوق فكل شىء غير قابل للتوالد أو الهدم .

والأرض فى مركز الكون ، وفيما تحت القمر يتكون كل شىء من أربعة عناصر (الهواء والماء والتراب والنار) ولكن هناك عنصرا خامسا تتكون منه الأجسام السماوية ويسمى **الأثير** ، والحركة الطبيعية للعناصر الأرضية الأربعة هى مستقيمة ، بينما حركة العنصر الخامس دائرية . والسماوات عند « أرسطو » كرات كاملة والأجزاء العليا أكثر قداسة من الأجزاء السفلى وعنده أيضا أن النجوم والكواكب لاتتكون من النار . وما حركة هذه النجوم والكواكب إلا نتيجة حركة كرات ربطت بها هذه الأجرام السماوية[1].

إن السماء الأولى تدور دورة النهار من الشرق إلى الغرب وتتم دورتها بأربع وعشرين ساعة تعود فى آخرها النجوم الثابتة إلى نقطة انطلاقها ، أما الكواكب الأخرى فإنها تتحرك من الغرب إلى الشرق ولكل واحد منها سرعة خاصة به ، ودوران يختلف

(١) يوسف كرم « **تاريخ الفلسفة اليونانية** » ص ١٤٢
وأيضا د. عبد الرحمن بدوى . « **ربيع الفكر اليونانى** » مكتبة النهضة المصرية ١٩٦٩ ص ١٣٤

باختلاف قطر الفلك ، والسماء الأولى تحيط بالأفلاك كلها ، وينتج عن اتجاه دورانها المعاكس لدوران الأفلاك الأخرى تقسيم اليوم إلى نهار وليل . لقد قدمت هذه النظرية صعوبات عديدة فى الأجيال التالية . فالشهب ، التى عرف أنها تتحطم نسبت إلى كرة ما تحت القمر ولكن فى القرن السابع عشر وجد أنها ترسم مسارات حول الشمس ونادراً ما تكون قريبة إلينا قرب القمر . ومن الصعوبات أيضا أنه لما كانت الحركة الطبيعية للأجسام الأرضية مستقيمة ، فقد ظن أن القذيفة التى تطلق بشكل أفقى تتحرك أفقيا لفترة ثم تبدأ فجأة فى السقوط رأسيا . ولذا كان اكتشاف جاليليو بأن القذيفة تتحرك فى قطع مكافىء ، صدمة قاسية للعلماء المؤمنين بأرسطو . ولقد هاجم **كوبرنيق وكبلر وجاليليو** مواقف أرسطو ، عندما أكدوا أن الأرض ليست مركز الكون ، ولكنها تدور حول نفسها مرة فى اليوم ، وتدور حول الشمس مرة كل سنة . وسيأتى ذكر ذلك بتفصيل أكثر بعد صفحات قلائل .

المادة عند أرسطو :

يميز أرسطو بين المادة الأولى والمادة الثانية ، الثانية هى كل الأشياء المادية التى نعرفها كالخشب والحديد والحجر والتى هى جواهر قائمة بذاتها ولاتسمى مادة إلا بالنسبة لما يصنع منها كالمنضدة والصندوق والجدار ، أما المادة الأولى فهى لاتوجد فى ذاتها ، لأنها ليست جوهرا كاملاً ، إنها مبدأ يحدد بعلاقته الجوهرية مع الصورة . إن الصورة والمادة هما فى عالم الأجسام دائما متحدتان ، وتتميز الواحدة عن الأخرى تميزا حقيقيا لايدركه الحس لكن يدركه العقل، والمادة الأولى هى واحدة عند أرسطو ، وهى قابلة للتشكل فى صور ، ولذلك تصبح الصيرورة ممكنة ، كما أن المادة هى أصل الكثرة ، فالطبيعة الانسانية واحدة من ذاتها ولا توجد كثرة من البشر إلا بسبب المادة التى تظهر بتعدد الأجسام ، ويبرهن أرسطو على وجود المادة والصورة من تحليل التغير الجوهرى ، ولنأخذ مثلا على ذلك الانسان ، الذى يأكل ثمرة وبالتالى يفنيها والثمرة لم تعد ثمرة حين أكلها وهضمها الإنسان . فالعنصر الذى زال هو الصورة والذى يجعل الثمرة ثمرة بينما العنصر الذى انتقل إلى الإنسان وهو مشترك بينه وبين الثمرة هو المادة . كما كان أرسطو عدوا للنظرية الذرية إذ هاجمها هجوما شديدا فى صفحات كتابه « الميتافيزيقا » وتابعة فى ذلك فى العصور الوسطى ديكارت والكثير من الفلاسفة الأوربيون[١].

(١) يوسف كرم : « **تاريخ الفلسفة اليونانية** » – دار المعارف ١٩٤٩ ص ١٥٣

وأيضاً : Burnet, **Early Greek Philosophy**. 1927

وأيضا د. محمود فهى زيدان : « **الأستقراء والمنهج العلمى** » ، دار الجامعات المصرية ١٩٧٧ ص ١٧٥

العلم الطبيعي عند أرسطو يتميز بتحديده لموضوع العلم ومنهجه وتخطيه مرحلة المعرفة المبعثرة إلى النظام الذى يبنى على مبادىء أولى وبسيطة ، تستنبط منها كل المعارف التى يتكون منها النظام ، كما نجد إلى جانب ذلك ابرازاً صريحا لمفهوم العلم سواء من جانب العمليات العقلية أو من جانب الحقائق أى محتوى العلم . فبينما كان « أفلاطون يبين أن المعرفة ترتفع تدريجيا من الحس إلى الظن إلى المعرفة الرياضية التى تبقى افتراضية . وأخيرا إلى المعرفة الجدلية الفلسفية التى تبلغ نهاية العلم – إذ تنتهى إلى المبدأ الأخير الذى ينكشف كل شيء على نوره للإنسان . أما « أرسطو » فيميز بين العلوم من جانب موضوعها ومنهجها – ولكنه يبين فى الوقت عينه وحدتها ، فالعلم الطبيعى هو غير العلم الرياضى ، وهذا الأخير يختلف عن الميتافيزيقا فالعلم هو معرفة العلل والمبادىء والأصول . وفيه ينتهى الإنسان إلى ماهو ساطع وواضح بذاته وما يمتد سطوعه إلى بقية العلوم . إنّ الأساس الذى تبنى عليه معجزة العلم الأرسطى أنه أعطى بعداً جديداً فى تاريخ العلوم بمفهوم العلم وضرورة التوحيد بين العلوم . ولذلك يعتبر أرسطو أول فيلسوف يتجه نحو توحيد آراء الإنسان عن العالم الطبيعى . وهذا فضل تدين به الإنسانية للمعلم الأول .

بدايات علم الطبيعة الحديث

لم يكن من العجيب أن يؤمن الناس قديما بأن الكرة التى يقفون عليها هى مركز الكون ، وأنها ثابتة لاتتحرك بينما دأبت الأجرام فى السماء على الدوران من حولها ، إن مفكراً من ذوى الآراء الثورية يدعى **ارستارخوس**[1] Aristarchus وهو فيثاغورى متأخر من مدينة ساموس Samos خرج بفكرة فى القرن الثانى قبل الميلاد ذهب فيها إلى القول بأن النجوم ثوابت وأن مانراه من حركتها هو مجرد حركات ظاهرية ناجمة عن دوران الأرض . وأن الشمس هى مركز الكون . ولم يكن هناك إلا عدد قليل من الناس على استعداد لتقبل هذا الرأى .

وفى النصف الأول من القرن الثانى الميلادى نجح « **كلوديوس بطليموس** » (١٢٧ – ١٥٧ م) – «Clauduis Ptolemy» وهو من كبار علماء الفلك اليونان الذين استقروا بمدينة الاسكندرية حين كانت مصر تحت حكم الرومان وهو لاينتسب إلى بطالمة مصر – فى التدليل على أن الأرض ثابتة وهى مركز الكون – وكتب البقاء لهذا الرأى أكثر من ألف عام . وهو أول من أقام علم الفلك النظرى ورصد الكواكب لمعرفة القوانين ووضع النظريات التى تفسر سيرها[2] وتعطل ظهورها واختفائها ، وألف كتابه « **المجسطى** »[3] ، **الذى ظل المرجع الرئيسى فى علم الفلك حتى مطلع القرن الحديث**[4].

وقد ظل الأمر على حاله هكذا حتى بدأ الإهتمام فى عصر النهضة Renaissance بدراسة تلك المسألة على أساس علمى . وبدأ التفكير فى وجود نظام آخر يزودنا بتفسير أكثر سلامة وأقرب مطابقة للأرصاد الفلكية .

كان علم الفلك Astronomy من العلوم القليلة التى لم تهمل بسبب حاجة رجال الكنيسة إليه فى التقويم ، وتحديد مواقيت الأعياد ، أو لاعتقادهم فى رؤية الطالع ولما تفجّر القرن الخامس عشر بنور العلم وبداية الاختراع لآلة الطباعة وبدأت حركة الترجمة للكتب

---

(١) ولد حوالى سنة ٣١٠ ق.م وتتلمذ على يد أستاذه هيبارخوس

راجع **Sarah. K. Bolton, "Famous men of science"** Newyork copyright **1960**

(٢) راجع د. محمود فهمى زيدان :**الأستقراء والمنهج العلمى** دار الجامعات المصرية ١٩٧٧ ص ١٥٠

(٣) د. توفيق الطويل : **أسس الفلسفة** دار النهضة العربية ١٩٦٧ ص ٤٠

(٤) ترجم ثابت بن قرة (٨٣٥ – ٩٠٠)م كتاب بطليموس فى الفلك « المجسطى » من اللاتينية إلى العربية بقصد تعليمه وتسهيل قراءته وفهمه .

اليونانية القديمة . فى هذه الفترة كان من بين الذين أثار إهتمامهم حل تلك المسألة إثنان أحدهم القسيس البولندى المسمى **نيقولا كوبر نيق** N.Copernicus والثانى هو **كبلر** Kepler الذى أعلن قوانينه عن حركات الكواكب التى استخدمها **نيوتن** بعد خمسة وسبعين عاما للوصول إلى نظريته فى الجاذبية .

« **نيقـولا كـوبرنيـق** » Nicolous Copernicus(**١٤٧٣ - ١٥٤٣**) :

ولد « **نيقولا كوبرنيق** » فى ١٠ فبراير عام ١٤٧٣ ، ببلدة تورن Torun ببولندا Poland وقد أشرف عمه على تربيته فى صباه ، وكان من رجال الدين – فأراد أن يكون ابن أخيه أيضا ممن نذروا حياتهم للاهوت . التحق نيقولا بجامعة كراكوف Cracow ببولندا – حيث تعلم اللاهوت والرياضة والفلك ثم انتقل بعد ذلك إلى ايطاليا حيث مكث زهاء عشر سنوات يدرس القانون فى بولونيا Bologna والطب فى بادوا Padua . بدأ حياته مع رجال الدين راهباً لكنه شارك بعض الوقت فى الوظائف السياسية . وكانت حكومة بولندا تلجأ إليه من حين لآخر فى حل مشكلاتها الإقتصادية والسياسية .

كان واسع الاطلاع فى الثقافة الأغريقية القديمة ولغتها – قرأ إقتراح الفيثاغوريين بأن الأرض متحركة وأنها تتحرك حول نار مركزية Central fire[١]. كانت نظرية « **بطليموس** » هى النسق الفلكى السائد ولم ترقه صورة أتباع بطليموس عن الكون وأجرامه – حيث جعلوا فيها الأرض مركزاً وسائر الأجرام حولها تدور . ولم ترقه لتعقدها وهو يرى أن الطبيعة من شأنها البساطة والنظام . من المحتمل أنه أثناء إقامة كوبرنيق فى إيطاليا ، كان يفكر جدياً فى جعل دوران الأرض يفسر حركات الشمس والنجوم ، إذا ما قورنت بنظام بطليموس المعقد ، وعندما عاد إلى بولندا – استمر على السير فى هذا الخط من التفكير وسرعان ما اقتنع تماما بصحته وأعدّه للنشر ، فقد زعم أن الشمس هى التى فى مركز الكون وليست الأرض .

وأن الكواكب ومن بينها الأرض تدور حولّ الشمس[٢] وكان نفوذ الكنيسة قويا جداً

(١) HUll, L. W.H., **History and philosophy of science.** lst ed. 1959. London. p.96.

(٢) حقيقة الاعتقاد عند كوبرنيق بأن الأرض تدور حول الشمس لم يكن هذراً ، هذه الحقيقة قد قدمت الكثير لتجعل جاليليو يحرك كل عبقريته وراء كوبرنيق .

راجع Heisenberg, W., **"Philoso Phical Problems For nuclear physics" Newyork 1958 p.11**

وكانت عقيدتها تقضى أن تكون الأرض موطن البشر ومركز الكون وأن تكون ساكنة ، حاول كوبرنيق طبع آرائه فى كتاب ونشره ، لكنه خشى المصادرة وخاف من العقاب وكيف لايخاف ، فقد كان أسقفا متدينا ورعاً – وعالما يعرف معنى الحرية فرفع مخطوط بحثه إلى البابا[1]. وكان العلماء آنذاك قد احتاروا كثيرا فى تفسير حركة الكواكب – ولما كان أساس إفتراضاتهم أن الأرض ثابته فى الفضاء مركز الكون فإن هذه الأفتراضات لم تفسر على وجه الدقة حركة الكواكب . وظلت هذه المسألة بغير حل مقبول إلى أن ظهر كوبرنيق لتفسير حركة الكواكب على أساس أنها والأرض تدور حول الشمس . ووجد أن هذا الفرض يفسر حركتها تفسيرا أكثر مطابقة للأرصاد من الفروض السابقة التى وضعت على أساس ثبوت الأرض ومركزيتها للكون . كما كتب كوبر نيق فرضا لتفسير تعاقب الليل والنهار وتعاقب الفصول الأربعة ووصف حركات الكواكب والشمس بالنسبة إلى الأرض – كتب فرضه فى كتاب عنوانه « فى حركات الأجرام السماوية » أو « دوران الأجرام السماوية »[2] Revolutionibus Oribium Coelestium نشره فى عام ١٥٣٠ وظل هذا الكتاب محرما لايقرأه كاثوليكى زمانا طويلا ، وقد وصف فى كتابه الرائع نتائج أعماله بالتفصيل وبدأ بفرض أن الشمس هى مركز الكون بدلا من الأرض – وأن الأرض وهى أبعد ماتكون عن السكون الذى تصوره أغلب الناس ، إنما تدور حول الشمس مرة كل عام وبالاضافة إلى ذلك يقول : كوبرنيق :

« تدور الأرض حول نفسها بحيث يواجه كل مكان على سطحها الشمس ويبعد عنها على التوالى – ويرجع السر فى تعاقب الليل والنهار إلى هذه الحركة الدائرية للأرض وليس إلى تحرك الشمس والنجوم » .

وجعل كوبرنيق للكواكب الأخرى التى كانت معروفة أنئذ – مسارات مشابهة حول الشمس وهى عطارد Mercury والزهرة Venus والمريخ Mars والمشترى Jupiter وزحل Saturn أما بالنسبة للقمر Moon فقد أضطر أن يجعل له حركة خاصة – جعل له مساراً خاصاً حول الأرض،وعلى الرغم من هذا الخروج على تناسق النظام فقد منح الأرض قدراً من الأهمية . مما قلل من الحدة فى عدم تقبل وجهة نظره فى تلك الآونة .

كما لاحظ كوبرنيق أن الكواكب الأقرب من الشمس تتحرك بسرعة أكبر من

(١) ج. برونوفسكى ارتقاء الانسان ترجمة د. موفق شخاشيرو مراجعة زهير الكرمى « عالم المعرفة » ص ٣٩

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٥٣

الكواكب الأبعد عن الشمس كما لاحظ أيضا أن الأرض تدور مرة كل يوم حول محورها[1] بالاضافة إلى دورتها كل عام حول الشمس . لقد بنى كوبرنيق ملاحظاته تلك على أسس هندسية بحته - كانت تعوذه الآلات الفلكية الدقيقة . وقد عزا عدم نجاحه فى رصده إلى بدائية أجهزة الرصد الفلكي وهى وجهة نظر ثبتت صحتها منذ ذلك الحين .

وعلى الرغم من أن الزمن قد أبان أن جانبا من نظرية كوبر نيق لم يكن صائبا فقد أخطأ فى متابعة بطليموس فى جعل الكواكب تدور فى الدوائر المتقاطعة فى حركتها Epicycles ونظريته عن الشمس ناقصة - فالشمس مثلا ليست فى مركز الكون مجرد نجم عادى من بين ملايين النجوم الأخرى ، تتحرك حول مجموعات نجمية أخرى ، وهذه تتحرك حول مجموعات نجمية أخرى ، ولم يكن عدد الكواكب المؤلفة للمجموعة الشمسية سبعة كما ظن كوبرنيق[2]. إلا أنه ما من شك أنه أضاف حقائق لعلم الفلك تفوق ما أضافه أى رجل آخر - ولقد كانت أعماله ملهمة لمن جاءوا بعده من الفلكيين من أمثال كبلر وجاليليو - إنه كان دون شك الأساس القويم الذى شيدت عليه كافة المعارف الفلكية منذ القرن الخامس عشر ، ويعتبر من الأوائل الذين وضعوا للعلم الطبيعى الحديث قواعده الأولى من دقة فى البحث عن الحقيقة فى حيدة وتجرد وحماس .

كبلر Kepler (١٥٦١ - ١٦٣٠) :

صحح كبلر خطأ كوبرنيق فيما يتعلق بالمدارات الدائرية للكواكب . كان كبلر متفقا مع كوبرنيق فى أن الأرض والكواكب الأخرى تدور حول الشمس ، وكان مقتنعا بأن تلك الكواكب تتحرك طبقا لقوانين هندسية بسيطة ، يمكن التعبير عنها تعبيراً رياضياً دقيقاً ، بدأ ملاحظاته على كوكب المريخ ووجد فى تلك الملاحظة قيمة كبرى لأنه أقرب إلينا من عطارد والزهرة ولأنه يرى من الأرض لفترة طويلة فى الليل ، ولأنه يمكننا تتبع مداره حيث يدور بسرعة . فى سنة ١٦٠٩ وصل كبلر فى دراساته للمريخ إلى ثلاثة قوانين تصف مدار المريخ،وبعد عشر سنين من مزيد البحث ، طبق هذه القوانين على مدارات الكواكب الأخرى ، هذه القوانين الثلاثة هى :

---

(١) Burrt; The Metaphysiacl foundation of modern science. London 1950

(٢) رتب كوبرنيق الكواكب المعروفة فى عهده وقتئذ وهى ستة بحسب قربها من الشمس كما يلى : عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشترى وزحل ، ولاحظ أن الكوكب الأقرب من الشمس تتحرك بسرعة أكبر من الكوكب الأبعد عن الشمس راجع : د. محمود فهمى زيدان **الاستقراء والمنهج العلمى** ص ١٥٥ .

١ - مدار الكواكب مدار بيضاوى الشمس مركز هذا المدار .

٢ - الخط الواصل بين الكواكب والشمس يكوّن فى الفراغ مساحات هندسية متساوية فى أزمان متساوية .

٣ - مربع الزمن الذى يقطعه الكوكب لاتمام مداره حول الشمس متناسب تناسبا طرديا مع مكعب المسافة بينه وبينها .

بتلك القوانين أمكن لكبلر أن يطيح بالمدار الدائرى للكواكب والنجوم وأن يستغنى عن الدوائر المتقاطعة ، لذلك يعتبر كبلر أكثر علماء الفلك قيمة حتى القرن السابع عشر ، حيث لم يسبقه أحد فى إكتشافه فى أن الكوكب لايدور فى شكل دائرة وإنما فى شكل بيضاوى .

وكان كبلر قد تتلمذ على يد **تيكوبراهى** **Tycho-Brahe** (١٥٤٦ - ١٦٠١) الفلكى الدانمركى الذى لبث عشرين عاما فى مرصد خاص أنشأه فردريك الثانى . لاجراء البحث وجمع الملاحظات إلا أنه مات ، وأخذ كبلر يستغل هذه الملاحظات فى وضع قانونه الذى سبق ذكره . يجدر القول بأن كل الفروض السابق ذكرها لبطليموس وكوبرنيق ، ومثل قوانين كبلر ماهى إلا فروض وصفية علمية مثمرة فهى[١] ليست مجرد وصف لما وقع أمامهم ومن حولهم من ظواهر وإنما لأن هذه الفروض كانت تصف نوعاً معيناً من ظواهر العالم الطبيعى وصفا يؤدى إلى فهمها وتفسيرها بدقة ، فهى ليست بالفروض الأسطورية أو الميتافيزيقية أو الدينية كما أنها لم تتضمن تحقيقا تجريبيا يقوم على الملاحظة والتجربة وإنما يقوم تحقيقها على مدى اتساق التفسير الرياضى وإحكام الانتقال من المقدمات إلى النتائج .

من المؤكد كانت فروض بطليموس وتيكوبراهى وكوبرنيق تقديم وتمهيد لفروض كبلر وقوانينه . ومن هنا فهى مثمرة لأن قوانين كبلر تضمنت تصحيح وتطوير أخطاءفروض بطليموس وتيكوبراهى وكوبرنيق . ولعل من أشهر الأمثلة على العمل التكميلى فى الفيزياء الفلكية هو الإنجاز المشترك لتيكوبراهى وكبلر ، فلقد كانت الثروة من الملاحظات التى قام بها تيكوبراهى عن حركة الكواكب والتى لم يكن كبلر ليستطيع أن يجمعها بهذه الدقة - كانت هى المادة الضرورية لعمل هذا الأخير - غير أننا سنجد من ناحية أخرى أن إكتشافات كبلر قد حددت اتجاه التطور فى علم الفلك خلال القرون التالية[٢].

---

(١) نفس المرجع السابق ص ١٥٠ ومابعدها

(٢) **Heisenberg, W., Philosophical problems For nuclear physics. 1958 p.18**

جاليليو Galileo (١٥٦٤ - ١٦٤٢) :

نحن بصدد عبقرى فى العلوم الطبيعية ، يختلف عما سبق من العلماء والفلاسفة القدامى فى موضوعاتهم ومناهجهم . اسمه الكامل جاليليو جاليلاى ، ولد فى ١٥ فبراير ١٥٦٤ - على الرغم من أن والده كان يكابد من الأزمات المالية فى حياته لعدم استقرار موارد رزقه ، إلا أنه كان حريصا على أن يثقف إبنه جاليليو ، وذلك لأنه هو نفسه كان يحب العلم ويعرف جدواه فى تربية شخصية الإنسان وإنمائها . ولقد بذل والد جاليليو كل مافى وسعه ، لكى يحبب إبنه فى تلقى العلم منذ طفولته المبكرة .

كان جاليليو لامع الذكاء منذ صغره ، ولذلك شب ونمت عقليته بأن الكون ملىء بالحقائق والاسرار ، التى مازال الانسان يجهل كنهها ، وأن على الانسان أن يسعى إلى الكشف عن هذه الأسرار .

تلقى جاليليو دراسته الابتدائية فى مدرسة فالومبروزا Vallombrosa بالقرب من فلورنسا حتى أنهى دراسته الثانوية بتفوق ، ثم التحق بكلية الطب فى جامعة بيزا Pisa لمدة أربع سنوات ، فى جد واجتهاد من سنة ١٥٨١ إلى سنة ١٥٨٥ - إلا أنه لم يكمل دراسته الطبية بسبب مرض أبيه الفقير المعدم ولعدم إمكانه دفع النفقات الدراسية الباهظة فى ذلك الوقت ، مما أضطره إلى إحتراف بعض الأعمال اليدوية ليربح القليل من المال ، الذى يدخر بعضه لكى يشترى بعض الكتب المستعملة فى العلوم الرياضية والطبيعية - واصل جاليليو دراسته العميقة فى العلوم الرياضية والطبيعية ، فقرأ كل ما كان متوفرا منها وقتئذ من مصنفات . ومن الأمور التى تدعو إلى الإعجاب أن جامعة بيزا للعلوم أعلنت عن حاجتها إلى أستاذ يشغل منصب تدريس العلوم الرياضية والطبيعيات ، فتقدم جاليليو لشغل هذا المنصب كما تقدم غيره من الأساتذة وأجرت لهم الجامعة إختياراً فإذا به يفوز على منافسيه . فعين أستاذا للعلوم الطبيعية والرياضية وكان ذلك فى سنة ١٥٨٩ م أى حينما كان فى الخامسة والعشرين من عمره وهذا يدل على بوادر عبقريته المبكرة[١].

كان هذا المنصب بداية طريق الطموح للدراسات والبحوث العلمية التى كانت تشغل تفكيره . ولكن حرية البحث العلمى لم تكن مكفولة فى عهد جاليليو أو خلال القرون التى سبقت ظهوره ، وكان أخطر ما يحد من حرية البحث العلمى أو الفلسفى تزمت وتصلب آراء رجال الدين ، والتاريخ زاخر بالمآسى التى ذهب ضحيتها كثير من الفلاسفة والعلماء نتيجة إضطهادهم من رجال الدين . كان شغفه بالرياضيات وهو فى السابعة

(١) Sarah. K., Bolton, **"Famous men of science"**. Newyork copyright By Thomas & Crowell Co., 1960 p.24

عشر ، فاخترع الحساب الهندسي Geometrical calculus كي يستطيع رد الأشكال المركبة إلى أشكال أكثر بساطة ، وكتب فى الكم المتصل ، وكان يعتبر الرياضيات هي أداة الكشف فى العلوم التجريبية ، وكان يعتقد أنه لايمكننا فهم الكتاب العظيم أى ، الكون The universe إلا إذا تعلمنا اللغة التى كتب بها هذا الكتاب ، وإلا إذا تفهمنا الرموز الواردة فيه ، ذلك الكتاب مكتوب باللغة الرياضية ورموزه هى المثلثات والدوائر والأشكال الهندسية الأخرى . يقول جاليليو من المستحيل أن نفهم أسرار الكون دون فهم تلك اللغة وحل رموزها . فالكون مؤلف تأليفا رياضيا ويتوقف فهمنا له على فهمنا لتركيبه الرياضى أكثر من فهمنا لما يقع أمام حواسنا من وقائع وظواهر .

أجرى جاليليو الكثير من التجارب العلمية وأدرك أن القواعد الرياضية الدقيقة هى الأساس فى معالجة وفهم مشكلات العلوم الطبيعية The Physical Problems ، من أجل الوصول إلى حقائق يقينية انتقل جاليليو إلى جامعه بادوا Padua بدعوة من عميدها ليلقى المحاضرات ويجرى التجارب فى المعامل وليزداد إطلاعا على ماقى مكتبتها من كتب فى العلوم الطبيعية والرياضيات والتى لم يطلع عليها من قبل . وقد عثر فى مكتبتها على مؤلفات فى علم الفلك ، فانكب على دراستها ، دراسة عميقة ووجد نفسه مدفوعا إلى محاولة معرفة المزيد عن أسرار هذا الكون اللانهائى ، ولم يكن إهتمام جاليليو بدراسة علم الفلك إلا تمشيا مع ما استهوى الكثير من الفلاسفة والعلماء فى هذا الفرع .

وقد كان من الأمور الطبيعية أن يجذب الفضاء الكونى اهتمام الفلاسفة وكافة العلماء ، الذين يحاولون الكشف عما فى هذا الكون من أسرار ، ولذا يعد جاليليو من رواد العلم الحديث ، عاش فى عصر إحياء العلوم ، ثار على الفلسفة الطبيعية القديمة وكان أول من أسس علم الطبيعة على أساس التجريب ، ولعب دورا فى إنعاش علوم عصره بوصف التجارب الممكنة ، واستخدام الطريقة العلمية التى نستخدمها فى العصرالحديث[1]، والتى تعتمد على مشاهدة الظواهر وتفسيرها بالوصف . إسترعته حركة الأجسام وأهتم بوصفها وأهمل جاليليو سبب حدوث هذا النوع من الحركة أو ذاك ، وكل مايعنيه هوّ التساؤل عن كيفية حدوث الحركة فالمشكلة ليست فى تفسير الحركة بل فى وصفها . أو تفسيرها بطريقة تجريبية وبلغة رياضية تتضمن العدد والمقدار[2].

---

(١) Stilman Drake; **Discoveries and opinions of Galileo.** London p.(12-40)

(٢) Dampier Sir william; **A History of science, NewYork, 1964. p.141**

كان يبدأ بالمشاهدة ثم يستنتج منها التعميم أو البديهيات ، بدلا من طريقة القدامى الذين كانوا يبدأون من عموميات مفترضة . وكان يعتبر المشاهدة العملية ، الأساس لكسب المعرفة الحقيقية وقال : لاقيام لتعميم الا بتكرار الفحص للمشاهدات أو للأحداث ، وأعادة فحص النتائج بتجارب أخرى من أنواع جديدة – وأن التعميم لن يكتمل إلا إذا صح فى كل الظروف ودعمته ملايين المشاهد دون إستثناء ، فلو حدث تناقض واحد بين هذه الملايين فإن ذلك يستدعى تعديل الاستنتاج ، فالشك يصاحب كل نظرية بقدر معين ولو بنسبة ضئيلة ، ولا يقين تام مهما بلغت أعداد التجارب من الكثرة ، وقد أصبح مبدأ النقد والأرتياب Un-certainty حجر الزاوية فى فلسفة العلوم الطبيعية آنذاك والتى لاتدعى الصدق الكامل ولا الشك التام ، إذ لاتوجد ثمة طريقة تجرى المشاهدات فيها بأعداد كافية لبلوغ الصدق المؤكد حتى يصبح فى منتهاه .

أدخل جاليليو مفهوم العجلة فى جميع الحركات الديناميكية وبحث فى الحركة النسبية وقوانين سقوط الأجسام Laws of falling bodies ، وحركة الجسم على المسار المائل والحركة عند رمى شىء بزاوية مع المستوى الأفقى ، واستخدم البندول فى قياس الزمن ، كان الأول فى تاريخ البشرية الذى وجه المقرب Telescope إلى السماء وكشف عن مجموعة من النجوم الجديدة ، أثبت أن المجرة تتكون من عدد عظيم من النجوم ، واكتشف الكواكب الدائرة حول المشترى والبقع الشمسية ودوران الشمس . كما بحث فى تركيب القمر . أيد جاليليو نظرية كوبرنيق والتى كانت آنذاك محرمة من قبل الكينسة والتى تقول أن الشمس هى مركز الكون .

يذكر جاليليو أرشميدس من العلماء فيما كتب ويضعه فى صف رواد العلم[1] التجريبى وهو أول عالم تجريبى فى العصر الحديث جعل الملاحظة والتجربة من بين القواعد الأساسية للمنهج العلمى ، ولايستطيع أحد أن يقول أنه أخذ عن بيكون أو تأثر به ، والإشارة المنهجية التى تجدها فى كتب جاليليو تتضمن معارضة لبيكون فى أمرين أساسيين على الأقل[2] هما إعطاء تكوين الفروض واستخدام الإستدلال الرياضى ، قيمة للمنهج العلمى ،

(١) أرشميدس Archimedes هو عالم الفيزياء والهندسة اليونانى الشهير– ولد بمدينة سيراكيوز بجزيرة صقلية فى نحو عام ٢٨٧ ق.م ثم تفرغ لدراسة العلم والرياضة وهو الوحيد بين القدماء الذى خلف لنا شيئا فى الميكانيكا والهيدروماتيكا (علم موازنة السوائل) ومن هذه الأخيرة نظرية أرشميدس المعروفة بنظرية الأوانى المستطرقة .

Conant, J.B., A Historical approach of understanding of sciene. by yale Univ. press. 1951 p.52

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الأستقراء والمنهج العلمى ص ٥٩ – ٦٠

أكبر من الملاحظة والتجربة ، بينما لم يشر بيكون فيما كتب عن الاستعانة بالرياضة فى البحث العلمى ، كما جعل جاليليو الفروض شرطا فى المنهج العلمى بينما رفض بيكون صراحة مرحلة تكوين الفروض . وجاليليو أول من أدخل خطوة التصورات الرياضية فى علم الميكانيكا قبل ديكارت .

يؤكد جاليليو أن المنهج الرياضى فى تفسير العالم الطبيعى كثيرا ما يتنافر مع الخبرة الحسية المباشرة ويستشهد على ذلك بنظرية كوبرنيق فى علم الفلك التى تعد نصرا للرياضة على الحواس ، أوضح جاليليو أن المنهج الرياضى أكثر قوة وصدقا وإحكاما مما نجده فى الإستدلال مما لدينا من وقائع . ويقول أنه يستطيع من تجارب إستنباط نتائج صحيحة حيث فطن إلى تطبيق المنهج الرياضى فى علم الفلك وسائر العلوم الطبيعية[1].

جاليليو ونشوء علم الديناميكا :

نظريات جاليليو العلمية مشهورة - فهو أول من وضع قانون سقوط الأجسام فى صورة رياضية محددة وأول من فتح الباب لعلم الديناميكا . Dynamic (علم حركة الأجسام المادية) وجعل الميكانيكا علما رياضيا وكان مهتما بتصور الحركة Conception of motion وشغلته أفكار القوة Force والمقاومة Resistance والسرعة Velocity والعجلة Acceleration[2]، وقد أعطاها تعريفات شبيهة بتعريفات الخط والمنحنى والزاوية .

ان فهم حركة الأجسام المادية ، يعتبر بحق الثمرة الأولى لاستخدام علم الفيزياء ، فعلم الحركة أو الديناميكا وهو جزء من علم الفيزياء ، قد أمدنا بطريقة ، وزودنا بمعلومات ، مكنتنا ولا تزال تمكننا من زيادة فهمنا للطبيعة أو الكون ، لذا يرتبط اسم « جاليليو » بصفة خاصة بالأبحاث الأولى فى هذا الموضوع لأنه كان أول من نفذ ببصره إلى أهمية المشاهدات فى حركة الأجسام وإلى كنة القوانين التى تربط بينها[3] .

ولقد نشأ أول فهم حقيقى لحركة الأجسام فى القرن السادس عشر بفضل جاليليو ، الذى خرج على الأفكار السائدة فى عصره ، وكرس حياته لابتكار التجارب وتعليليها ، فتوصل إلى فهم حقيقى لطبيعة الحركة واستوعب الدور الرئيسى الذى تلعبه العجلة فى جميع الحركات الديناميكية ، ولذا فهو الذى وضع علم الدنياميكا فى مجراه الحديث على هيئة تعميم شامل من التجربة .

(١) د. توفيق الطويل أسس الفلسفة ص ٢٢٦

(٢) العجلة : هى معدل السرعة بالنسبة للزمن ، أو هى معدل تغير السرعة بالنسبة لوحدة الزمن .

(٣) Mott, Smith, This Mathematical world. Appleton & Co., 1931 p.243

معظم البحوث الأولى فى علم الدنياميكا ، كانت تتعلق بحركة الأجسام الساقطة ، إذ أن حركة هذه الأجسام هى أبسط الحركات الممكن مشاهدتها بسهولة ، وفى عصر « جاليليو » كانت البحوث متأثرة بآراء أرسطو الذى كان يعتقد أن لكل جسم وضعه الطبيعى ، فالأجسام الثقيلة مكانها تحت والأجسام الخفيفة مكانها فوق ، ولذا كان من الطبيعى أن تسقط الأجسام الثقيلة لتبحث عن المكان الخاص بها، وزيادة على ذلك ، فقد كان مما يتفق مع هذه الاتجاهات الطبيعية أن تسقط الأجسام الثقيلة بسرعة أكبر من التى تسقط بها الأجسام الخفيفة .. هذه هى رغبة الطبيعة الأرسطية . أما الآراء الخاصة بالحركات الأكثر تعقيدا ، فقد بعدت عن اتجاه التفكير العلمى الحديث ، فالقذائف مثلا كان يظن أنها تعنى حركات خارجة عن المألوف بمساعدة الهواء ، وهكذا لم تكن هناك محاولات لاعطاء وصف كمى أو لترجمة ما هو حادث فعلا . إلا أن تجارب « جاليليو » الكثيرة بلغة الرياضة هى التى نظّرت هذه الآراء ، فان تجربته على سقوط الأجسام من برج « بيزا » المائل قد فندت الرأى القائل بأن الأجسام الثقيلة تسقط بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة ، وتجاربه عن حركة الأجسام على المستوى المائل ، والتى بذل فى إجرائها أكبر عناية ، قد بينت الظروف الحقيقية التى تؤثر فى سرعة الأجسام الساقطة وتحددها ، والنقطة الهامة التى توصل إليها ، أن سرعات الأجسام الساقطة تزيد بمرور الزمن وبطول المسافة المقطوعة ، فعلى أى هيئة يحدث هذا ؟ وماهى العلاقة بين المسافة والزمن ؟ وبتحليل تجاربه ، توصل « جاليليو » إلى أن الصفة الرئيسية المشتركة فى جميع حركات السقوط هى « العجلة » Acceleration ، فلابد أن هناك خاصية من خصائص الطبيعة تجعل الأجسام الساقطة تتحرك بعجلة ثابته ، وهذه العجلة غير خاضعة لحجم الجسم أو شكله أو كتلته ، هذه العجلة العمومية هى التى تحدد وحدها صفة الحركة ، أما السرعات والمسافات فهى نتائج ثانوية لها تنشأ عندما تتقدم الحركة بمرور الزمن ، إن التحقق من أن العجلة هى اللب فى حركة السقوط قد مكنها من أن تصبح قلب الديناميكا . كما أن محاولات « جاليليو » قد أعطت للباحثين نقطة البداية الثابتة التى أنطلقوا منها لاستكمال البحث .

كان جاليليو يتصور أن المادة مؤلفة من ذرات لاتنقسم ، وفسر التغيرات التى تحدث فى الأجسام الصلبة وتحولها إلى سوائل وغازات ، كما فسر الإمتداد والتقلص دون إفتراض وجود خلاء فى الأجسام الصلبة . كما يعتبر جاليليو أول من صاغ تصنيف الصفات للأجسام إلى صفات أولية Primary Qualities وصفات ثانوية Secondary qualities الأولى تتصف بالموضوعية والثبات بينما الثانية نسبية وذاتية محسوسة – والأولى موضوع للمعرفة الإلهية والانسانية والثانية موضوع الظن والخداع ، ومن الصفات الأولية عند

جاليليو العدد والشكل والمقدار والموضوع والحركة ويمكن التعبير عن هذه الصفات باللغة الرياضية الكمية .

ومن الصفات الثانوية عند جاليليو اللون والطعم والرائحة والتى يصعب قياسها باللغة الرياضية الكمية(١) آنذاك ، رأى جاليليو كوكب الزهرة فى شكل الهلال عام ١٦٠٨ وذلك بفضل إختراعه للمقرب (التلسكوب) الأكثر تطورا من تلسكوب **هانزليبرشى** Hans lippershey ووجد التجربة الحاسمة Experimentum crucis التى قررت أن فرض كوبرنيق هو الفرض الصادق المتفق والوقائع عن فرض بطليموس — ويعتبر ذلك الكشف هو أول تأييد تجريبي على صحة فرض كوبرنيق .

إن أهمية جاليليو فى تاريخ الفلسفة ترجع إلى نقطتين ، إحداهما المنهج العلمى والأخرى إقامة أسس علم الميكانيكا . وأهميته فى العلوم الطبيعية ترجع إلى استخدامه المنهج الرياضي وتطبيق الرياضيات فى دراساته للعلوم الطبيعية التجريبية .

كان المنهج العلمى عنده هو الاستقراء الناقص مؤيدا بالقياس والاستنباط الرياضى ، والاستقراء ممكن حتى ولو لم نستطع أن نجد أو نوجد فى الطبيعة الفرض الذى نستخلصه ، مثال ذلك :

نفترض أن الأجسام تسقط فى الخلاء بنفس السرعة ، ولكننا لانستطيع تحقيق الخلاء المطلق فنستعيض عنه بالنظر ، إلى مايحدث فى أوساط يتفاوت هواؤها كثافة ، فإذا رأينا السرعات تتقارب كلما تخلخل الهواء حكمنا بأن الدليل قد قام على صحة الفرض .

كان جاليليو عضوا فى أكاديمية **دى لنسى** Academia dei lincei التى أنشئت عام ١٦٠٠ وكانت توجه جهودها فى جد ونشاط إلى دراسات جديدة ، لم تدرس إلا قليلا ، وفى عام ١٦٥٧ قام تلاميذ جاليليو بمدينة فلورنسا بتأسيس أكاديمية **شيمنتو** Cimento أى التجريب .

ويدل أسمها على هدفها فقد كان قيامها لمغالبة الأسلوب العقلى فى البحث السائد فى مجالات الفكر فى ذلك الزمان فصار هدفها : التجريب أولا ، ثم النظر والفكر من بعد ذلك ، ولم تعش إلا عشر سنوات وفى هذه السنوات العشر صنعت كثيرا فى مجال بحوث الهواء وضغطه وبحوث الماء وكان من أمهر أعضائها **تورتشيلى** Torricelli(١).

(١) د. محمود فهمى زيدان **الأستقراء والمنهج العلمى** .ص ١٤٣

(١) **تورشيلى** : (١٦٠٨ — ١٦٤٧ م) هو العالم الرياضى الفيزيائى الايطالى ، تأثر بنا كتب جاليليو وعمل كاتبا له فى فلورنسا خلال الثلاثة أشهر الأخيرة من حياته ، وخلف جاليليو فى أكاديمية فلورنسا عقب موته أستاذا للرياضه ، وهو أول من أكتشف حقائق الضغط الجوى .

علم الطبيعة النيوتونى : اسحق نيوتن
(١٦٤٢ - ١٧٢٧)
Issac Newoton

ولد اسحق نيوتن يتيم الأب ، يوم ٢٥ ديسمبر ١٦٤٢ فى بلدة ولثروب Woolsthrope من مقاطعة لنكشير فى انجلترا ، كفلته أمه عامين ثم تزوجت وتركته فى رعاية خاله وجدته . لم يجد مؤرخو العلم بين أقربائه أحدا اشتغل بالعلم ونبغ فيه ، بل لم يكن تاريخ نسبه يبشر بذلك النبوغ العظيم الذى اقترن باسم نيوتن . ولم تكن عائلته غنية وان كانت حالتها ميسرة بدرجة مكنتها من إرساله إلى إحدى المدارس . ثم بعد ذلك إلى إحدى كليات جامعة كمبردج . Cambridge university . وكانت أظهر صفاته فى مرحلة الشباب عمق التفكير وكثرة التأمل ، وأحيانا شرود الذهن والنسيان ، والاتقان فى العمل ، ويصفه البعض بأنه كان عاديا إلى حد كبير ، سواء فى المقدرة العلمية أو الادراك ، اللهم ازدهار عبقريته بدرجة جعلته من أكبر العبقريات الرياضية خلال فترة طويلة من التاريخ ، كانت الحياة العلمية فى كمبردج جامدة متأخرة حيث انصرف أغلب الأساتذة إلى المباحثات الدينية والتاريخية وإلى تدريس العلوم النقلية ، فكانت لكتب الفلاسفة الإغريق قدسيتها . ولم تكن الحال كذلك خارج انجلترا ، فقد ظهرت حركة علمية جديدة فى كل من ايطاليا وفرنسا وهولندا ، نتيجة للكشوف العلمية العظيمة الشأن التى قام بها كل من كبلر وجاليليو وديكارت .

دخل نيوتن كلية ترنتى بجامعة كمبردج عام ١٦٦١ ويظهر أنه عنى بادىء الأمر بدراسة العلوم القديمة ، شأنه فى ذلك شأن الكثيرين من إخوانه آنذاك - وبعد عامين درس الفلسفة الطبيعية والبصريات على الأستاذ بارو Barrow ولابد أن نبوغ نيوتن أخذ فى الظهور فى ذلك الوقت ، فهناك الكثير من الأدلة على أنه بدأ يشتغل فى أعمق المسائل الرياضية فى ذلك التاريخ، وقد برهن نظريته المعروفة بنظرية ذات الحدين Binomial theory فى تلك المدة ، وفى عام ١٦٦٥ عاد نيوتن إلى بلدته ولثروب وهناك قضى عامين كان لهما أعظم الأثر فى تاريخه العلمى - فقد وضع فيهما أساس مكتشفات بحوثه الهامة ألا وهى :

اعتمدت فى عرضى لحياة اسحق نيوتن على المراجع :

(١) د. محمد مرسى أحمد : نيوتن ... دار الشرق للنشر والطبع - مكتبة الجيل الجديد ١٩٤٦

(٢) ج. برونوفسكى : ارتقاء الانسان ترجمة د. موفق شخاشيرو ، عالم المعرفة مارس ١٩٨١

(٣) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ص ١٤٦

١ - المادة وقوانين الحركة الثلاث .

٢ - قانون الجاذبية العام .

٣ - نظريات تركيب الضوء .

ولو أنه لم يكترث بنشر كشوفه الهامة فى حينها بل ظلت هذه الأعمال العلمية الجليلة مطوية عن العالم الخارجي مدة طويلة ، فإنه لم يكن يعتقد أول الأمر بأهمية هذه الكشوف وذهب البعض إلى أن السبب فى عدم تعجله بنشر نتائجه العلمية هو انتظاره إلى اكمال هذه النتائج حتى تأتى على صورة ترضيه .

وفى هذا الصدد يقول المؤلف أنريد Anrade(١) فى كتابه الذى أسماه (سير اسحاق نيوتن Sir Issac Newton) كان نيوتن ، رجلا كتوماً جداً ولم تكن لديه رغبة فى الجهر بأعماله واحتاج الأمر إلى الكثير من الإقناع كى يؤلف كتابه المسمى المبادىء ، وهذا نص ماكتبه أنريد :

Newton was a very secretive man, he had no desire to make his work Public, It required great induament to Iead him to write his book, Principia.

عاد نيوتن إلى كمبردج عام ١٦٦٨ وانتخب فى العام التالى أستاذاً للرياضيات فى المكان الذى خلا باعتزال الأستاذ « بارو » وذلك عقب قراءة الأخير لأول رسالة كتبها نيوتن بعنوان الطرق التحليلية لمعادلات ذات عدد لانهائى من الحدود . ولم يكن منصب نيوتن الجديد ليشغله عن متابعة الأبحاث الرياضية والطبيعية بل أصبح فى امكانه الانقطاع إلى البحوث العلمية فى وقت كان نبوغه قد اكتمل وعبقريته قد ازدهرت .

ولما كانت خصال نيوتن الشخصية من حبه للعزله ، وبعده عن المجتمع ، واسترساله فى التفكير العميق ، ولما كانت هذه الخصال بدأت تظهر فى هذه السن ، كانت مصادر أخباره الشخصية ومعاملاته وصفاته فى تلك الفترة من حياته - قليلة نسبيا .

ولعل الخطابات التى كان يرسلها لأصدقائه تعتبر من أهم الوثائق(٢) التى يمكن التعرف من خلالها على شخصية نيوتن وصفاته - فاهتمامه بكل هذه الأمور المتشعبة يفسر الحقيقة المعروفة عنه وهي عدم تقيده فى البحث العلمى بموضوع واحد .

(١) **A. D, Abro, The Evolution of scientific thought from Newton to Einstein Second ed. 1950 p.106**

(٢) د. محمد مرسى أحمد **نيوتن** دار الشرق للنشر والطبع ١٩٤٦ ص ٥١

وضع نيوتن المفاهيم الأساسية لقوانين الميكانيكا واكتشف قانون الجاذبية الأرضية واضعا بذلك الصورة الطبيعية للكون التى ظلت بدون تغيير إلى بداية القرن العشرين . وأتم نظرية حركة الأجرام السماوية . وأوضح أهم خواص حركة القمر ، مع شرح ظاهرتى المد والجزر وأعطى تفسيراً لظاهرة الإنعكاسات والإنكاسارات فى الضوء كما فسر تركيب الضوء بامراره فى منشور،وإلى نيوتن ترجع الأكتشافات العظيمة التى أدت إلى التقدم الهائل لهذا الفرع من العلوم الطبيعية . وأوجد نيوتن الطريقة الرياضية التى تساعد فى بحوث الطبيعة ويرجع الفضل إليه فى إيجاد علم حساب التفاضل والتكامل،الذى كان له الأثر الكبير فى تقدم الفيزياء والرياضيات بعد ذلك – إذ أدخل عليها طرق البحث الرياضية والاحصائية وحساب المتغيرات.وهو ذلك العملاق الذى رجع ببصره إلى الماضى وصاغ ماتوصل إليه سابقوه من خبرة مع اضافات ارتآها صاغها فى قوانين تنسب إليه . عرفت بقوانين نيوتن للحركة . أمكنه بهذه القوانين أن يعلل حركة الكواكب كما وصفها « كبلر » وصفا دقيقا . ثم أثبت نيوتن أن وصف كبلر يخرج من صلب الفرض القائل أن لكل كوكب فى كل لحظة قوة متبادلة بينه وبين الشمس تقل مع بعد الكوكب عن الشمس مضروبا فى نفسه . أخذ نيوتن يطبق هذا الفرض على حركة الأرض والقمر والكواكب الأخرى حتى ارتفع الفرض إلى قانون عرف بقانون التربيع العكسى Inverse square Law

يدرس طالب العلم هذا القانون ويتكرر معه بصورته المناسبة فى الكهرباء والمغناطيسية والضوء والصوت وخواص المادة وقد ظهر هذا القانون أول ما ظهر فى علم الميكانيكا مع الجاذبية الأرضية ومع حركة الكواكب حيث لاتصادم ولاتقارب ولا ابتعاد .

إن فطرة طالب العلم المتأمل فى علمه وفى قانون يتكرر فى أكثر من فروع علمه ، تؤدى به إلى إلهام صحيح – هو أن منطق العلم منطق للوحدة ولكن العالم الباحث المدقق يحتاج إلى نظرة شمولية عميقة ليشعر أن هذه البشائر هى مؤشرات حقيقية .

كان نيوتن يصر على أن الملاحظة الحسية والتجربة المباشرة هى المعيار الأول والأخير لصدق الفرض العلمى – وأعلن أن ما وصل إليه من كشوف وقوانين ونظريات إنما هو نتيجة لاستقراء مباشر من الظواهر ، ولذا كان يميز بين النتائج العلمية التى تقوم على الملاحظة المباشرة وبين الفروض الميتافيزيقية التى لم يجد مبررا لاقحامها فى مجال عمله كعالم فلكى وطبيعى . ويحكم عليه د. زيدان من أعماله لا من أقواله بأنه من رواد المنهج الفرضى ، المنهج العلمى المعاصر وأن ما وصل إليه نيوتن فى الميكانيكا والجاذبية يرجع لاتباعه المنهج الفرضى ولذلك فهو صاحب الفضل الأول فى وضع المبادىء الأساسية للعلم

الطبيعى كما نفهمه الآن[١]. وقد استخدم لفظ الفلسفة الطبيعية[٢] والعلوم الفلسفية بمعنى العلم الطبيعى والعلوم الطبيعية .

وقد جعل عنوان كتابه المعروف « المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية » على أنه لم يقصد قط إلى وضع كتاب فى الفلسفة الطبيعية . ويقول ميرز Mizrs[٣] إن العلماء كانوا فى القرن السابع عشر والثامن عشر يطلقون الفلسفة الطبيعية والعلوم الفلسفية على مانسميه اليوم بالعلوم الطبيعية .

المادة وقوانين الحركة عند نيوتن : Newton Laws of motion

كان نيوتن يرى المادة كما يراها الناس فى غمار الحياة العادية الدائمة شيئا جامدا يصدم الحواس ويخضع لقوانين الطبيعية فى الحركة وغيرها خضوعا غير مشروط ، بل لعل فكرة نيوتن عن المادة هى التى شكلت فكرة الناس عنها فى الحياة اليومية حتى وقتنا هذا ، يشار إلى نظرية نيوتن العامة فى الميكانيكا بثلاث قضايا أساسية تعرف بقوانين الحركة وهى تدور حول تحديد تصور « القوة » Force ويتحدد هذا التصور فى إطار تصور الحركة إذ القوة عند نيوتن علة الحركة ، وتفهم الحركة بتصورات تسبقها هى تصورات المكان والزمان والكتلة – الخصائص الثلاث الأساسية للمادة ، يتلخص تصور نيوتن للمادة هذا فى قوانينه الثلاثه المشهورة والتى تعد بحق فاتحة العصر الحديث للعلوم الفيزيائية والتى استمرت قائمة إلى أن جاءت النظريات النسبية والكوانتم فى مطلع القرن الأخير .

يعرف نيوتن الكتلة بأنها حاصل ضرب الحجم فى الكثافة (ح × ث = ك) ويمكن الاشارة إلى تعريف الكتلة عند نيوتن كما عبر عنه « كلارك ماكسويل »[٤]: للأجسام كتل متساوية إذا تعرضت فى وقت ماتحت ظروف متشابهة تؤدى إلى تغير فى السرعة[٥]

(١) د. توفيق الطويل . **أسس الفلسفة** ... ص ٢٤٤ .

(٢) **ملحوظة** : لفظة مصر هى علم الطبيعة ، وسائر العرب يقولون الفيزياء ولاشك أن لفظة الفيزياء أوضح وأبعد عن الالتباس .

(٣) Mers, **History of the European thought in the nineteenth century**. vol I p.98

(٤) **جيمس كلارك مكسويل** : (١٨٣١ – ١٨٧٩) العالم الفيزيائى ، تعلم فى بلدة أدنبرة ثم فى كمبردج وصار أستاذا للفلسفة الطبيعية فى جامعة أبردين من عام (٥٦ - ١٨٦٠) ثم استاذا بكلية الملك Kings college بلندن إلى ١٨٦٥ ثم أستاذا للفيزياء التجريبية فى كمبردج . وكان مكسويل أكبر فيزيائى حتى نهاية النصف الثانى من القرن التاسع عشر – وقد أحدث مكسويل الكثير من النظريات الأنقلابية فى الكهرباء وإليه يرجع الفضل فى الكثير من قوانين علم الكهرباء المغناطيسية .

(٥) كلمة سرعة تقابلها فى الانجليزية كلمة Velocity ويعرفها نيوتن أنها تغير الوضع فى الوحدة

وتشابه فى الكتل المتساوية إذا زادت .

أول قوانين الحركة عند نيوتن هو القصور الذاتى : Inertia

والذى يقرر أن كل جسم يظل على حالته سكونا وحركة ، ما لم يطرأ عليه مايغير حالته . فى منطوق آخر ، يميل الجسم إلى الأحتفاظ بحالته من السكون أو الحركة مالم يؤثر عليه مؤثر خارجي.ويطلق لفظ القصور الذاتى على خاصية المادة التى تؤدى إلى مقاومة التغير فى حركتها .

ومؤدى هذا القانون أن يظل المتحرك متحركا وأن يظل الساكن ساكناءإلا إذا أثرت فيه « قوة » خارجية ، والعامل الخارجى الذى يحرك جسما ساكنا يفقد من حركته هو نفسه بمقدار ما أعطى من الحركة للجسم الذى حركه . ومن هنا ينتج أن الحركة التى يستحدثها الجسم المتحرك فى الجسم الساكن لايمكن أن تزيد على ما عند الجسم المتحرك من الأصل وفاقد الشيء لايعطيه .

والقانون الثانى : هو قانون تناسب القوة والسرعة Proportion of force & Velocity

ونصـــه :

« تتناسب القوة الواقعة على جسم ما تناسباً طردياً مع تغير كمية الحركة التى يحدثها ذلك الجسم فى زمن ما ، واتجاه هذه القوة هو الاتجاه الذى يتخذه هذا التغير فى كمية الحركة . « فى منطوق آخر » القوة التى تؤثر فى جسم ماتساوى كتلة الجسم فى سرعته « ويتضمن هذا القانون تحديداً كمياً ممكن القياس لتصور القوة ، فالقوة الواقعة (المؤثرة) على جسم ما فى زمن ما تؤدى إلى تغير محدد فى كمية الحركة .* يكون هذا التغير فى كمية الحركة بطيء السرعة فى الكتلة الكبيرة ، وكبير السرعة فى الكتلة الصغيرة

والقانون الثالث : والمعروف بقانون تساوى الفعل ورد الفعل المضاد :

Equality of action & Reaction

« لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد فى الأتجاه » ومعناه أن التأثير المتبادل

التى تتخذها لقياس الزمن Change of position per unit of time وكلمة تغير السرعة تقابل كلمة Acceleration ويعرفها نيوتن بأنها تغير السرعة فى الوحدة التى تتخذها لقياس الزمن Change of velocity per unit of time

راجع : د. محمود فهمى زيدان الأستقراء والمنهج العلمى ص ١٦٤

بين جسمين تأثير متساو دائما ولكن فى اتجاهين متقابلين ، فالقوة أساسها تأثير جسم على جسم .

ليس من الحكمة التقليل من شأن هذا القانون باعتباره من القوانين الواضحة التى لا تحتاج إلى تعليق ، بل على العكس ، لقد احتاج من عالم مثل نيوتن النفاذ بكل بصره لتفسيره وشرحه ، هناك جسم مؤثر وجسم مؤثر عليه ، وتؤثر قوة الفعل على الجسم المؤثر عليه ، أما قوة رد الفعل فتؤثر على الجسم الأصلى .

فالكتاب المرتكز على منضدة يؤثر على سطحها بقوة إلى أسفل هى وزنه ، كما أن سطح المنضدة يؤثر بقوة مساوية ومضادة أى إلى أعلى – على الكتاب . يقول نيوتن : إذا استندت إلى قائم مصباح الشارع مؤثراً عليه بقوة ، فإن قائم المصباح يرتكز أيضا عليك ، ويؤثر بنفس القوة ولكن فى الإتجاه المضاد[1] .

قانون الجاذبية لنيوتن :

هذا القانون يفسر وجود الحركة فى الكون سواء فى الأرض أم فى الأجسام السماوية ، فالذى يجعل الأرض تدور حول الشمس أو الذى يجعل القمر يدور حول الأرض ، هو ما يسمى التجاذب بين الأجسام الضخمة،وليس معنى هذا أن التجاذب لايكون إلا فى الأجسام الضخمة كالأجرام السماوية،بل يعنى القانون أى جسمين فى العالم ، ولربما سأل سائل عن معنى الكتلة والمسافة ، وهما الكلمتان اللتان يتحدد بهما معنى القانون وصياغته فأما المسافة فهى البعد فى المكان . ولاننسى أن فلسفة نيوتن العلمية لم تناقش معنى الزمان ولا معنى المكان ولا معنى المادة مثل مناقشتنا بل تقبل هذه المعطيات كما ورثتها ، وأما الكتلة فهى فى المفهوم النيوتونى شىء مختلف عن المادة فهى مقدار مافى المادة من قوة العزوف عن التغيير . أو قوة البقاء على الحالة الراهنة سكونا أو حركة ضد عوامل التغيير الخارجية أو قوة القصور الذاتى إذا استعملنا المصطلح النيوتونى نفسه – ولقد توافق الناس على حساب كتلة أى شىء بمقدار مايقع عليه من جاذبية الأرض – على اعتبار أن كل جسم على الأرض وإن كان يتجاذب مع كل جسم سواه إلا أن تجاذبه مع الأرض أوضح من أى تجاذب آخر لعظم حجم الأرض ولقربها ، كما أن تجاذبه مع الأرض يمكن أن يعد جذبا من جانب واحد هو جذب الأرض للشىء لأن جذب الشىء للأرض مقدار تافه

---

(١) J. jeans; **The Growth of physical science.** Newyork The Macmillan Co., 1948

يحوى البابان الخامس والسادس عرضا ممتعا عن تطور ديناميكا نيوتن .

يمكن التجاوز عنه كما أن الحقيقة فى تصور نيوتن للكتلة لايفرض الجاذبية أولا بل يفرض الكتلة أولا – ومن هنا يحق لنا أن نتصور العالم المادى مع نيوتن على النحو التالى :

يتكون العالم من مادة – لها خاصية القصور الذاتى أو العزوف عن التغيير ، تتفاوت خاصيتها هذه بين جزء من المادة وجزء آخر حسب ما لكل منهما من كتلة . ويحاول كل من الجزءين أن يجذب الآخر إليه ، فيمتنع الآخر عن جذب الأول بكل ما لديه من كتله – شيئا مشابها لمبادراة شد الحبل – فإن كانت كتلة أحد الجزءين أكبر جدا من الجزء الآخر كالنسبة بين كتلة الأرض وكتلة الكرة تراءىلنا بغاية السهولة أى الجزءين سيجذب الآخر إليه وعندئذ يجوز لنا أن نحسب مقدار مافى الكرة من كتلة بمقدار مقاومتها لجاذبية الأرض متغاضين عن مقدار جذبها هى الأرض ، لأنه مقدار قليل . كان نيوتن على اقتناع تام بأن السبب فى سقوط الأجسام إلى الأرض إنما يرجع إلى المؤثر نفسه الذى يتسبب فى دوران الأرض وغيرها من الكواكب السيارة فى أفلاكها الدائرية تقريبا حول الشمس ، وفى دوران القمر حول الأرض.ويتلخص هذا السبب فى أن هناك قوة تجاذب بين الشمس والأرض تمسك الأخيرة فى مدارها حول الشمس ، وأن هذا النوع من القوة هو الذى يتسبب فى سقوط كتلة معينة إلى سطح الأرض ومن هنا فرض نيوتن صيغة القانون الذى وحد بين القياسات الفلكية والمشاهدات الأرضية وهو « **قانون الجاذبية** »[1] والذى أمسك « نيوتن » عن نشر هذا القانون مدة تقرب من ٢٠ عاما لقيامه بحساب الأبعاد الفلكية الشاسعة باستخدام حساب التفاضل والتكامل الذى اخترعه[2]. استخدم نيوتن بعض المعلومات عن زمن دوران القمر حول الأرض ونصف قطر مداره حولها ونصف قطر الأرض نفسه ثم استنتج أنه يمكن التعبير عن قوة الجاذبية وهكذا ...

اكتشف نيوتن قانون الجذب العام[3] عام ١٦٦٥ ونشره عام ١٦٨٦ فى كتابه الأسس الرياضية بعد أن حمله على ذلك أصدقاؤه ومحبيه . طبقا لهذا القانون تنشأ بين أى كتلتين قوة تجاذب تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما ، أى أن القوة تزداد إلى الضعف إذا ضوعفت احدى الكتلتين وتقل إلى ربع قيمتها إذا ضوعفت المسافة بينهما .

(١) Mott, Smith, **This Mechanical world. D. Appleton & Co., 1931**
الفصل الثالث من الكتاب عن قانون الجاذبية

(٢) Shaple H & H, **A source Book in Astronomy.** mc Grow - Hill book Co., 1939 p.77

(٣) George Carno, **The Birth and death of the sun**, New American Library 1950 p.132

وبين نيوتن أن قوة التجاذب هذه هي المسببة لسقوط الأجسام نحو الأرض . كما أنها هي المسئولة عن المدارات شبه الدائرية التي تدور فيها الكواكب حول الشمس والقمر حول الأرض . وقانون الجاذبية قانون عام أي أنه صحيح في جميع الظروف وفي كل زمان ومكان ، فلا تقتصر قوة الجاذبية على المجموعة الشمسية فحسب بل تتعداها إلى مجرتنا التي تكون الشمس وكواكبها جزءا ضئيلا جدا منها .

وهو يعتبر أعظم كشف رياضي عرف إلى الآن - وبه وضع أساس علم الحركة وفسرت حركة الأجرام السماوية تفسيرا مازال ثابتا أمام أحدث النظريات العلمية .

ويمكن القول أن نيوتن في نظرته إلى العلوم نحا نحو جاليليو العالم الايطالي واضع الحجر الأساسي للعلوم الحديثة فنيوتن وجاليليو كانوا يبحثون عن قوانين الطبيعة عن طريق التجربة والمشاهدة ، والحقائق العلمية التي من هذا النوع وكانت جديدة على العالم آنذاك حتى ولو لم تجيء وفق منطق خاص . وكان نيوتن يعتبر قانونه المعروف عن الجاذبية تفسيرا مقبولا للظواهر الطبيعية ولايتعرض لأسبابها - فقد اعترف نيوتن أكثر من مرة بعدم معرفته هذه القوة الهائلة مع محاولته الوصول إلى معرفة سبب قوة الجاذبية وله في ذلك رأيان :

الرأي الأول :

أنه توجد مادة أثيرية موزعة توزيعا غير منتظم في الفضاء - فهي أكثف في بعض الجهات منها في الجهات الأخرى - وبهذا يمكن أن ينشأ عن تضاغط هذه المادة اقتراب الأجسام أو تجاذبها وهذه فكرة لاتختلف كثيرا عما ذهب إليه ديكارت الذي افترض وجود الأثير في عالم الأجرام السماوية لتفسير حركاتها .

الرأي الثاني :

يذكر أن سبب الجاذبية هو مجرد إرادة الخالق . وعند نيوتن أنه لاتعارض بين الرأيين - فهي مراتب للحقيقة فالحواس تكشف لنا عن قوانين الطبيعة ومن وراء هذه القوانين توجد حقائق ما وراء الطبيعة[1].

كما ذكر نيوتن بكل وضوح أنه يعتقد أن تركيب المجموعة الشمسية ماكان يمكن أن

(١) A. D, Abro; The Evolution of scientific thought from Newton To Einstein 1950 p.111

يحدث بدون وجود الخالق الأعظم[١]. كان نيوتن مثل جاليليو وديكارت وبويل على درجة من التدين العميق ومع هذا فانهم كانوا أحرص مايكونوا على الفصل بين معتقداتهم الدينية وأبحاثهم العلمية .

نظريات نيوتن في الضوء :

لاحظ نيوتن أن الضوء الأبيض عند مروره في منشور زجاجي Prism فإنه ينبثق من الناحية الآخرى على شكل حزمة Beam من الضوء بها نفس الألوان التى يتكون منها قوس قزح Rainbow الذى يظهر في السماء في الأيام الممطرة . وهكذا اكتشف نيوتن أن ضوء الشمس الذى يبدو لأعيننا وكأنه ناصع البياض إنما يتكون في الحقيقة من عدة ألوان غير اللون الأبيض وكل لون من هذه الألوان يختلف مدى إشعاعه عن اللون الآخر،وفسر ذلك بأن اللون الأبيض في الواقع خليط من ألوان كثيرة وأن هذه الألوان تنكسر بدرجات متفاوتة عند مرورها في مادة المنشور،وأدى ذلك إلى قيامه بعمل منظار عاكس ذى مرآة تخلصا من العيوب الناشئة عن انكسار الضوء في المنظار ذى العدسات ، وأهدى منظاره الجديد إلى الجمعية الملكية بلندن — فرشح لعضوية هذه الجمعية . والألوان التى ذكرها اسحق نيوتن والمكونه للضوء هي سبعة ألوان سميت بعد ذلك بألوان الطيف Spectrum[٢] وهي الأحمر — والبرتقالى — والأصفر — والأخضر — والأزرق — والبنفسجى — فالأسود Red, Orange, Yellow, Creen, Blue, Violet, Indigo ويخرج نيوتن من تجاربه البسيطة في الضوء بالنتيجة التالية .

« أن اللون الذى يتميز به أى شيء من الأشياء المرئية يعتمد على : طبيعة المادة التى يتكون منها هذا الشيء . ونوع أو صفة الضوء المسلط عليه[٣]

لقد كانت النظريات والقواعد التى وصفها نيوتن عن طبيعة الضوء وأطوال الموجات الخاصة بألوانه المختلفة من الأسس الرئيسة التي اعتمد عليها علماء القرن العشرين في اختراع وتطوير الكثير من الأجهزة المرئية كالتليفزيون الملون والفيديو كاسيت والأضاءة الالكترونية وغير ذلك،وسيرد ذلك في فصل لاحق عن الضوء وأهم النظريات التى تفسر طبيعته المزدوجة .

---

(١) د. توفيق الطويل : أسس الفلسفة ص ٢٢٦

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الأستقراء والمنهج العلمى ص ١٦٩

(٣) سبقه إلى ذلك بن الهيثم (٩٦٥ – ١٠٣٨) — يضعه الأستاذ نظيف في المقدمة بين علماء الطبيعة النظرية والتجريبية . بما وضع في ظواهر الضوء من نظريات في الابصار وقوس قزح وانعكاس الضوء وانعطافه (حيوده) . ظلت كتب ابن الهيثم « علم المناظر » المرجع الذى يعتمد عليه أهل الصنعة في أوروبا حتى القرن السابع عشر الميلادى .

نظرية نيوتن الجسيمية فى الضوء : Particle or corpuscular theory

اعتقد نيوتن أن الضوء يتألف من جزئيات متناهية فى الصغر[1] Corpuscles تسير فى خطوط مستقيمة مندفعة من مصدرها حتى إذا صادفت جسما من الأجسام ارتدت عنه كما ترتد الكرة حين تصطدم بحائط – وتكون زاوية الإرتداد مساوية لزاوية السقوط .

وعرفت نظرية نيوتن بالنظرية الجسيمية – وأوضح أن سرعة الضوء أكثر فى الوسط الكثيف منه فى الوسط الأقل كثافة وبالرغم من أنه قد تم اكتشاف سرعة الضوء من قبل ذلك إلا أن قياس سرعة الضوء فى المسافات القصيرة نسبيا لم يكن ممكنا – ومن ثم لم يتمكن العلماء وقتئذ من القيام بالتجربة الحاسمة بين النظريتين .

استمر نيوتن فى تجاربه الخاصة فى علم الضوء مما أدى إلى كتابة مؤلفة القيم فى البصريات الذى نشره فى آواخر حياته . ومن الإكتشافات الهامة التى توصل إليها نيوتن فى الضوء هو اكتشافه لمبدأ التذبذب[2] Oscillation فى الضوء وفى رأيه أن اختلاف الذبذبة ينشأ عنه اختلاف فى اللون وقد استنبط نيوتن هذا بالقياس إلى مايحدث فى الصوت .

نيــوتن والفــلك :

أهتم نيوتن اهتماما كبيرا بما ذكره جاليليو عن اكتشافه من أن الأرض والشمس ليستا مركز هذا الكون . وطور اسحق نيوتن جهاز المقرب (التلسكوب) الذى اختـرعه جاليليو وصنع بيديه جهازا آخر ، أكثر قدرة على رصد الأفلاك السماوية وتمكن بعبقريته فى العلوم الرياضية من أن يسجل معلومات بالغة الدقة عن الشمس والأرض وسائر الكواكب الأخرى من حيث الحجم وبعد المسافات بينها وطبيعة تكوينها .

ومما اكتشفه نيوتن أن الشمس هى أقرب الأجرام السماوية إلى كوكب الأرض وهى كروية الشكل فى هيئة غازية هائلة الحرارة . كما توقع نيوتن اكتشاف كواكب سيارة

---

(١) الجسيمات الأولية Particles وهى الجسيمات التى كان يعتقد أنها تكون اللبنات الأساسية للضوء ، ويطلق عليها أحينا الجسيمات الأساسية Fundamental particles .

راجع : معجم الفيزياء النووية والالكترونية مجمع اللغة العربية ١٩٧٤ ص ٣٩

(٢) التذبذب : Oscillation هو حركة جسم لأكمله حركة دورية ذهابا وايابا وهى غير الأهتزاز Vibration التى فيها تتحرك أجزاء الجسم حركة دورية دون أن يبرح الجسم بجملته مكانه

وأيضا معجم الفيزيقا النووية والالكترونية ص ٨١

أخرى تدور فى فلك الشمس[1]، والأرض تدور حول الشمس فى مدار شبه بيضاوى Elliptical وأقل مسافة تكون فيها الأرض قريبة من الشمس هى ٩٢ مليون من الأميال . ويقطع شعاع الشمس المسافة التى بينها وبين الأرض فى حوالى ثمان دقائق وثلث دقيقة فى حين أن أقرب جرم سماوى بعد الشمس لايصل ضوءه إلى الأرض الا بعد مايزيد عن الأربع سنوات .

وقال نيوتن : أن سطح الشمس الذى يشع الضوء يبلغ سمكه حوالى مائتين وخمسين ميلا ، ويطلق العلماء على سطح الشمس المشع للضوء لفظه فوتوسفير Photosphere وعلى هذا السطح المشع للشمس توجد البقع الشمسية أو الكلف الشمسية Sunspots وهى داكنة اللون، كما توجد أيضا كرات ملتهبة شديدة الأضاءة يسميها العلماء الحبيبات المشرقة Bright Granulations تبدو ولمن يراقبها بالتلسكوب كأنها زركشة Mosaic زخرف أو وشى بها سطح الشمس الخارجى . وأن أحجام البقع يختلف أختلافا كبيرا فبعضها لايمكن رؤيته إلا بتلسكوب قوى ، والبعض الآخر يمكن رؤيته بالعين المجردة ، على شرط أن ينظر المراقب من خلف عدسة داكنة ، لأن إطالة النظر فى قرص الشمس قد تذهب بالبصر . كما كان نيوتن أول من تحدث عن الغلاف الجوى للشمس الكروموسفير Chromosphere وهو يتكون من غازات شفافة اللون تضرب إلى الحمرة لإرتفاع حرارتها وهو الذى تراه من حولها فى أثناء الكسوف .

والجدير بالذكر أن نيوتن تعاون واتصل بالعالم الفلكى « فلامستيد » Phlamisted مدير مرصد جرنتيش عام ١٦٨١ وقد أشار نيوتن إلى فضل زميله عندما برهن فى كتابه الأسس أن المذنبات مثل الكواكب تتبع فى سيرها قوانين خاصة . ومما يجدر ذكره أن علاقة هذين العالمين نيوتن وفلامستيد أثمرت أحسن النتائج – فأحدهما عالم فلكى لايجارى فى ضبط مشاهداته ، والآخر عالم رياضى عبقرى ، يستخدم تلك النتائج ويصل بها إلى أسرار الطبيعة ، وكانت النظرية التى أهتم بها نيوتن اهتماما كبيرا هى حركة القمر وكان « فلامستيد » هو الشخص الوحيد الذى يمكنه مساعدة « نيوتن » بالأرقام والاحصائيات ، وهكذا اجتمعت عبقريتان فى عمل واحد ، هو دراسة حركة القمر وتوابعه وبعد ذلك فترت العلاقة بينهما مدة من الزمن جعلت نيوتن يشكو من أن « فلامستيد » يتعمد إخفاء النتائج عنه .

---

(١) فى سنة ١٧٨١م اكتشف الكوكب أورانس Uranus وفى سنة ١٨٤٦ تم اكتشاف نبتون Neptune وفى سنة ١٦٣٠ تم اكتشاف كوكب سيار آخر هوبلوتو . Pluto

راجع د. محمد جمال الدين الفندى : « **الفضاء الكونى** » المكتبة الثقافية العدد ٣٧ – ١٩٦١

وأيضا د. أمام إبراهيم أحمد : « **عالم الأفلاك** » المكتبة الثقافية العدد ٦٣ – ١٩٦٢ .

نيــوتن والرياضيــات :

مما لاشك فيه أن الرياضيات فى عهد نيوتن أصبحت ذات ارتباط كبير بكثير من العلوم الطبيعية ، سواء من حيث استخدام الصيغ والتعبيرات الكمية أو فى التعبير عن تعميمات تلك العلوم المختلفة كعنصر أساسى لايمكن الاستغناء عنه .

كان لنيوتن فضل كبير فى هذا المضمار سواء فى توصله إلى حساب التفاضل والتكامل بجانب تأليفه لكتاب الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية .

حســاب التفــاضــل والتكامــل :

لاشك أن علم الحساب ثانى أقدم العلوم الرياضية كافة بعد الهندسة أو علم قياس الأرض الذى بناه على أساس من المنطق العالم الأغريقى **أقليدس** . ويجىء بعد ذلك علم الجبر الذى نظمه وأسماه العالم الإسلامى **محمد بن موسى الخوارزمى**[1] فى عهد الخليفة المأمون . أما حساب التفاضل والتكامل فلم يكن معروفا قبل نيوتن وقد اكتشف طريقته وهو فى الثانية والعشرين من عمره عام ١٦٦٥ – وحساب التفاضل يبحث فى المقادير المتغيرة وإيجاد معدلات تغيرها – كما يبحث حساب التكامل فى المسألة العكسية أى ايجاد ذات المقادير المتغيرة إذا علمت معدلات تغيرها .

ولما كانت المقادير التى تنشأ فى الأبحاث الفلكية والطبيعية هى بطبيعتها متغيرة إمّا فى القيمة أو فى المكان أو الشكل أو فى السرعة ، إلى غير ذلك ، كان اختراع حساب التفاضل والتكامل من أقوى الوسائل التى زودت العلماء بطريقة الحساب والتعبير عن القوانين الطبيعية ببراعة – ومهدت السبيل إلى دراسة أسرار الكون . ولعل طبيعة نيوتن جعلته ينظر إلى اختراعه الجديد على أنه طريقة جديدة للحساب وحسبه فلم يهم بنشرها بل اكتفى باستخدامها . ويجمع المؤرخون على أن الفيلسوف الألمانى **ليبنتز** اهتدى إلى الحساب الجديد مستقلا عن نيوتن وكانت الاصطلاحات التى استخدمها مختلفة عما استخدمه نيوتن . والمرجح هو أن كل منهما وصل إلى اختراعه مستقلا عن الآخر .

---

(١) **الخوارزمى** (ت ٢٣٢ هـ) أول من ألف واستعمل كلمة « جبر » للعلم المعروف بهذا الأسم فى كتاب « الجبر والمقابلة » ترجمة إلى اللاتينية روبرت شستر - بقى زمنا طويلا كمرجع أصيل معروف باسم الغوريثمى نسبة للخوارزمى - حقق الكتاب الدكاترة مشرفة ومحمد مرسى عام ١٩٣٧ .

الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية : Principia mathematica philosophiae Naturalis

وهو كتاب فى ثلاثة أجزاء قدمها إلى الجمعية الملكية عام ١٦٨٦ ونشرت عام ١٦٨٧ – استغرق هذا العمل من نيوتن سبعة عشر سنة – وقوبل هذا الكتاب من الجمعية بكل ترحيب وحماس – على الرغم من أن نيوتن أطلق على كتابه اسم الفلسفة الطبيعية ولم يطلق عليه اسم العلم الطبيعى فقد أصبح يؤرخ به لانفصال العلم الطبيعى عن الفلسفة – ذلك لأن كلمة العلم بمعناها التجريبى الراهن لم تكن قد ظهرت بعد ، وإنما الذى ظهر هو طريقة البحث التجريبى التى تعتمد على المشاهدة واجراء التجارب واختراع الآلات والأدوات التى نستطيع عن طريقها توسيع نطاق المشاهدة والتجربة . أما كلمة علم Science بمعناها الراهن فكان أول من استخدمها هو المجمع البريطانى لتقدم العلم الذى أنشىء عام ١٨٣١[1].

اجتمعت لنيوتن من صفات العبقرية مالم يجتمع لغيره فى التاريخ فقد كان رياضيا من الطراز الأول وعالما تجريبيا ممتازا . وهذا ما أكدته بحوثه الرياضية والفيزيائية .

وفى عام ١٦٩١ عين نيوتن عن طريق أحد أصدقائه القدامى مديرا لدار صك النقود ، عام ١٧٠٣ انتخب بجانب عمله كمدير لدار صك النقود رئيسا للجمعية الملكية بلندن حيث بلغ الستين من عمره .

فى عام ١٧٢٤ ساءت حالة نيوتن الصحية وتبين أن نظرة نيوتن للعلم فى ذلك الوقت أصبحت قليلة الأهمية نسبيا بل لقد زادت تلك النظرة فى أقواله الأخيرة :

« أنى لا أعرف كيف سينظر العالم إلىّ – ولكنى أنظر إلى نفسى كالطفل يلهو على شاطىء البحر وبين الفينة والفينة – كانت تحين منه التفاتة إلى حصاة أنعم من غيرها – أو إلى صَدَفَةٍ أجمل من أخواتها بينما بقى بحر الحقيقة الخضم جميعه مجهولا أمامى »

فى ٢٨ فبراير ١٧٢٧ ذهب نيوتن إلى لندن لرئاسة اجتماع الجمعية الملكية – فأجهدته الرحلة فرجع مريضا حيث توفى فى ٢٠ مارس ١٧٢٧ ودفن بمقبرة العظماء فى وست منستر فى احتفال مهيب . ترك نيوتن للعالم ثروة من العلم تفوق ما أنتجه العلماء مجتمعين فى عدة قرون رغم أنه قضى النصف الأخير من حياته حوالى أربعين عاما دون أى إنتاج علمى يستحق الذكر[2] مع تمتعه بكامل صحته العقلية والجسمية ويرجع ذلك إلى اعتقاده

(١) Mers; **A History of European thought in the nineteenth century.** Vol I P.89

(٢) Sarah K. R; **Famous men of science** p.52

بأن الانسان جزء صغير جدا من نظام إلهى وأن العلم إلا مسرحا تجرى فيه بعض مظاهر هذا النظام الأبدى .

وأن البحث فى تركيب هذا المسرح المادى وفى معرفة القوانين التى يخضع لها كل ذلك يلقى ضوءا على طبيعة الخالق الأعظم رغم أن هذا الضوء ناقص وجزئى وأن هناك طريق أسهل من ذلك وهو ما أظهره لنا الخالق عن نفسه عن طريق الكتب السماوية والرسل .

قال فى إحدى المناسبات : « نحن جميعا أصدقاء لأننا مجمعون على السعى نحو الهدف الوحيد اللائق بالانسان ، ألا وهو معرفة الحقيقة » نحن نعيش حياة بسيطة ونسير على طريق الاستقامة ونحاول باخلاص أن نعبد « الموجود الأسمى » بصورة تبدو لإدراكنا العاجز على أنها مرضية بأكثر مايكون »[1]

كان النظام الميكانيكى لينوتن أفضل من كل ما تقدمه إلى درجة لا تسمح بالمقارنة ، ويرجع ذلك إلى سببين : أولهما أنه أسس على نتائج التجارب التى أجراها جاليليو وغيره ، على حين اعتمدت النظم السابقة على الحدس والتخمين ، وثانيهما أنه تحرر من الاهتمام الخاص بالظروف السائدة على سطح الأرض ، وأمكنه بذلك أن يهيىء أساساً لصرح علم الفلك الديناميكى الذى شيد عليه ، فقد قدم ديناميكا تصلح للسماء مثلما تصلح للأرض ، وعلى أهميته كان مجرد خطوة نحو الحقيقة النهائية .

لاشك أن نيوتن من العلماء النابهين الذين كان لهم فضل الريادة فى دفع الحركة العلمية خطوات واسعة إلى الأمام – لقد كان رياضياً من الطراز الأول وعالما تجريبيا ممتازا ذا مقدرة فذة على استخلاص الحقائق من المشاهدات والتجارب .

ترك ثوة بالغة من العلم ستظل شاهدة أبد الدهر على عظمة هذا العالم العملاق .

---

(١) د. محمد مرسى أحمد « **نيوتن** » دار الشرق للنشر والطبع مكتبة الجيل الجديد ١٩٤٦ ص ٧١

محتويات الفصل الثانى

النظرية الذرية المعاصرة وبواكيرها التاريخية

- **النظـــرية وتاريخهـــا**
  - ديموقريطس ، جاسندى ، بويل ، جون دالتن ، مندليف
  - النظرية الحركية للغازات « ماكسويل وكلاوزيوس »
- **النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الأولى**
  - **الجزيئات**
  - الذرات
  - الذرة والكهربية
  - اكتشاف الالكترون
  - اكتشاف البروتون
  - نموذج رذرفورد لبنية الذرة
- **النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الثانية**
  - التركيب الذرى للمادة
  - اكتشاف النشاط الأشعاعى
  - الصعوبات فى نموذج « رذرفورد » للذرة
  - مولد نظرية الكوانتم عند « ماكس بلانك » ١٩٠٠
- ظاهرة الانبعاث الكهروضوئى عند « أينشتين » ١٩٠٥
- تصور « نيلزبور » لتركيب الذرة ١٩١٣
- خاصية جسيمات الضوء وموجات الجسيمات « دى بروى » ١٩٢٤
- « شرودنجر » والميكانيكا الموجية ١٩٢٦
- مبدأ اللايقين « هيزنبرج » ١٩٢٧
- الضوء وفيزياء الكوانتم
- تصور الضوء والمادة يعنيان الطاقة
- النيوترون « بوث وبيكر » ١٩٣٠
- الأشعة الكونية وجسيمات أخرى
- الانشطار النووى

الفصـــل الثـــانى

النظرية الذرية المعاصرة وبواكيرها التاريخية

النظـرية وتاريخهـا :

إننا عندما نقلب النظر فيما حولنا ، نرى أنواعا عديدة من المادة ، متباينة فى أشكالها وألوانها ، وخواصها . منها ماينبض بالحياة ، ومنها ماهو جامد أصم . ولقد بهر الإنسان بهذا التنوع العظيم من المخلوقات ، فحاول أن يصل بتفكيره إلى الأصل فى هذه الأشياء جميعها ، وكان المحور الذى ارتكزت عليه غالبية النظريات الفلسفية القديمة ، هو اختزال ذلك العدد الهائل من الصور المتعددة للمادة إلى عنصر أساسى واحد أو عدد محدود من العناصر الأساسية ، ماسبقت الإشارة إليه فى مطلع الفصل الأول ، ومن بين ما يسجله التاريخ ما قدمه ديموقريطس ، من تصوره للعالم على أنه مؤلف من عدد لاحصر له من جسيمات متناهية فى الصغر وغير قابلة للانقسام ، تتحرك فى الفضاء ، هذه الجسيمات أو الذرات[1] فى نظره ثابته لاتتغير ، وأنها بحركاتها واتحاد بعضها مع بعض وانفصال بعضها عن بعض ، تألفت جميع الأشياء المختلفة فى العالم ، لم يخصص ديموقريطس صفات للذرة ، سوى أنها أحد شقى الكون إذ أن الكون فى نظره وفى نظر فئة من أسلافه يتكون من شقين الملاء والخلاء ، فالملاء أو الفراغ المكانى مملوٌ بالذرات Atoms والخلاء Void هوالفضاء الخالى الذى تسبح فيه تلك الذرات ، فلم يكن لها لون ولا رائحة ولا طعم . أما تلك الخواص التى تؤثر بها فى الحواس البشرية ، فقد افترضت كنتيجة لحركة الذرات وإزاحاتها فى الفضاء . ولقد قال ديموقريطس أن لون الأجسام وكذلك مذاقها الحلو والمر ، جميعا أشياء ظاهرية ، وأن الذرات والخلاء فقط هما اللذان لهما وجود حقيقى . من الخطأ أن نعد ذرية ديموقريطس نظرية فيزيائية علمية إذ هى لم تخرج عن كونها فروض لتأملات فلسفية لاتستند إلى أى برهان تجريبى يقوم على الأسس العلمية السليمة ، كما أننا لايمكننا استخلاص أية نتائج منها ولا التنبؤ بصفات أخرى يمكن أن تظهر فى ظروف معينة . ومع ذلك ، لايمكننا أن ننكر أنها الفرض الأصيل الذى انبثقت عنه النظريات الذرية الحديثة ، ومنها استمد « جاسندى » Gassendi (١٥٩٢ – ١٦٥٥) وجهة نظره بذرية المادة ووضعها فى إطار النظرية العلمية . فكانت الذرات فى نظر « جاسندى » جسيمات ذات كتلة تتحرك فى الفضاء .

---

(١) القول بالذرة فرض صورى ، لأن الذرة ليست موضوع إدراك حسى وليست مما نتحقق من وجودها بالخبره الحسية المباشرة .

راجع : د. محمود فهمى زيدان ، الأستقراء والمنهج العلمى ص ١٧٤ .

كان جاسندى قسيسا فرنسيا وفيلسوفا وعالما رياضيا ، ولقد انعكست صفاته هذه فى نظريته الذرية فكان لنزعته الدينية الفضل فى تطهير الذرات من اقترانها بالإلحاد . فلقد أوضح أن حركة أو ميكانيكا الذرات لاتتطلب من الإله أن ينشغل باستمرار فى تسيير العالم المادى ، ولكن يكفيه أن يدفع الذرات مرة واحدة فى البداية ثم تحدد هذه الذرات بعد ذلك حركتها واتجاهاتها المستقبلة ، ترعاها فى ذلك العناية الإلهية . وأن الذرات فى المادة الصلبة توجد فى نظام صارم ، وأنها فى السوائل تتحرك عشوائيا رغم أنها معبأة بإحكام ، وأنها فى الحالة الغازية تهيم كسرب من الحشرات تفصلها مسافات واسعة[1].

كثير من المحاولات العلمية التى تبذل لتحقيق فكرة معينة ، يبوء بالخيبة ، وكثير منها يصادفه النجاح وغالبا مايفتح الاخفاق آفاقا واسعة ويؤدى إلى ثورة فى المفهومات والآراء . وأن مثل خيبة الكيميائيين القدامى فى تحويل الزئبق إلى ذهب ، ليقف شاهداً واضحاً على ذلك . فلقد ظلت فكرة إمكان اختزال المادة فى النهاية إلى مادة واحدة أساسية ، وإمكان تحويل أية مادة إلى مادة أخرى سائدة ، وتكررت المحاولات لتحقيقها ، ولكن ذهبت كل الجهود التى بذلت فى هذه السبيل سدى ، إلى أن جاء العالم الأنجليزى **روبرت بويل** R.Boyle[2] (١٦٢٧ - ١٦٩١) ونظر إلى اخفاق تلك المحاولات نظرة أعمق ، وأمكنه أن يستشف أن المادة ليست متجانسة بالمعنى الذى كان مفهوما ، إنما لابد من وجود مواد أساسية يستحيل تحويلها إلى أخرى بأية طريقة كيميائية .

عالج « روبرت بويل » موضوع الأحتراق وبين أن احتراق المادة لايحللها إلى عناصرها وأوضح أن هناك مايسمى بالعنصر ومايسمى بالمركب ، وأنه بتسخين الكبريت والزئبق يتكون مركب جديد له خواص تختلف عن خواص كل عنصر على حدة - إلى أن اكتشف « **جوزيف بريستلى** » (١٧٣٣ - ١٨٠٤) J. Priestley الأكسيجين وما يقوم به من دور فى الأحتراق وضرورته لتنفس الكائنات . إلاّ أن كيمياء العناصر الحديثة لم تؤسس إلا بعد ظهور **لافوازييه** (١٧٤٣ - ١٧٩٤) Lavoisier وقضائه على

(١) Bragg, sir william; **Concering the nature of things.** London G. Bell Sons. 1925 p.32

(٢) **روبرت بويل** : ولد بايرلندة - تعلم الفرنسية واللاتينية طفلا - سافر إلى فرنسا وهوابن أحد عشر عاما وزار ايطاليا وهو ابن ١٤ عاما عاد إلى انجلترا عام ١٦٤٤ وأنصرف إلى دراسة العلوم حتى أنضم إلى الجمعية الملكية Royal society عام ١٦٦٣ . وهب حياته وثرونه للعلم التجريبى مجيبا لدعوة فرانسيس بيكون ، فى بداية تجاربه كان وصفيا ، ثم ما لبث أن أصبح كميّا وآمن بادخال الرياضيات كما عالج بويل موضوع الاحتراق ، وأوضح أن هناك ما يسمى بالعنصر وما يسمى بالمركب وهو أول من عرف العنصر تعريفا صحيحا .

نظرية الاحتراق « **نظرية الفلوجستون** Phlogiston theory » وتفسير ظاهرة الاحتراق تفسيرا علميا صحيحا . كان أول من أدخل إلى الكيمياء الطرائق الكمية باستخدام الوزن والقياس وقد حاول تقسيم العناصر وترتيبها بأن وضع الجدول التالى للعناصر التى كانت معروفة فى زمانه .

القسم الأول العناصر	القسم الثانى غير المعدنية	القسم الثالث العناصر	القسم الرابع المعدنية
الضوء	الكبريت	الأنتيمون – الحديد – البلاتين	الجير
الحرارة	الفوسفور	الزرنيخ – الرصاص – الفضة	المجنيزيا
الأكسجين	الكربون	البزموت – المنجنيز – القصدير	البراتيا
الأزوت	الموريوم(الكلور)	الكوبالت – الزئبق – التنجستين	الألومينا
الأيدروجين	الفلور	النحاس – المولبدنم – الزنك	السيليكا
	البورون	الذهب – النيكل –	–

أدخل لافوازييه الضوء والحرارة فى جدوله لما لهما من آثار لايمكن تجاهلها ولأنه اعتبرهما من الماديات ، القسمان الأول والثانى يضمان العناصر غير المعدنية والثالث والرابع المعادن وأكاسيدها .

فى عام ١٨٦٩ وضع « **دمترى مندليف** D.Mendeleev » جدولا[١] يعرف باسمه أمكنه ترتيب العناصر الكيميائية فيه حيث تبين له أن عددها ٩٢ عنصراً رتبها ترتيبا تصاعديا تبعا لأوزانها الذرية بادئاً بأخف العناصر الأيدروجين فالهيليوم فالليثيوم فالبريليوم والكربون والأزوت فالأكسجين – وقد جعل ترتيبه هذا فى صفوف أفقية وأخرى رأسية بحيث تتشابه كل مجموعة رأسية فيما بينها فى الصفات الكيميائية – ومعنى هذا أن الصفات تتكرر تكراراً دوريا كل ثمانية عناصر ، يعتبر جُدول مندليف من الأعمال المجيدة التى ساعدت على تقدم البحث والتى أدت إلى اكتشاف عناصر جديدة كانت أماكنها خالية فى الجدول ، لم تكتمل إلا بفضل اتصال الجهد العلمى للباحثين – اكتشف « **نيلسن** Nelson » عام ١٨٧٩ عنصر الكانديوم فى المكان الخالى الذى تركه مندليف

(١) Fritz Ephraim; A Text Book of Inorganic chemistry. 1950 p.219

بين عنصرى الكالسيوم والتيتانيوم واكتشف « دى بويسبودران » De Boisbaudran عام ١٨٧٥ عنصر الجاليوم وفى عام ١٨٨٦ أكتشف « وينكلر » Winkler عنصر الجرمانيوم[1].

ولقد اكتشفت فى الستينيات عناصر أخرى مثل الأمريكيوم والكوريم والبركيليوم والكاليفورنيم واعدادها الذرية هى ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٨ ، وأوزانها الذرية ٢٤١ ، ٢٤٢ ، ٢٤٣ ، ٢٤٤ ، كما اكتشف عنصر آخر عدده الذري ٩٩ ووزنه الذرى ٢٤٧ تولد فى سيكلوترون[2] كاليفورنيا ببركلى وقد سمى مؤقتا ايكاهوليوم وانتج باضافة جسيمات نووية لليورانيوم وقد ذكر أنه مشع وقصير العمر إذ يتحول إلى بركيليوم فى دقائق قليلة وله أوجه شبه مع الهيليوم وفى عام ١٩٥٤ أنتج عنصر آخر عدده الذرى ١٠٠ يشبه الأربيوم . وقد قيل أن ثلاث عناصر كيميائية آخرى على الأقل ثم اكتشافهما اثنان بالأتحاد السوفيتي عامى ٥٥ ، ٥٦ وثالث بفرنسا عام ٥٧

وهكذا أمكن اختزال ذلك التنوع العظيم من المواد الحية والجامدة التى نتعامل بها فى حياتنا والتى تصل إلى نحو مليون نوع ، إلى (١٠٣) عنصراً أساسيا فقط . فيتركب الماء مثلا من عنصرى الأيدروجين والأكسيجين الغازيين ، ويتكون ملح الطعام من عنصرى الكلور والصوديوم ، وحتى أجسامنا تتركب أساسا من الأيدروجين والأكسيجين والكربون والنتروجين ، ومن بين العناصر أيضا الفلور والبروم والصوديوم والبوتاسيوم والسيلكلون والكربون والفوسفور والكبريت والحديد والذهب والكروم والفضة ... الخ .

والشيء المحير هو كيف تتحد هذه العناصر لتعطى مواداً مختلفة أختلافا عن أصولها ؟ فالأيدروجين غاز وكذلك الأكسيجين ولكن اتحادهما يجعل منهما سائلا هو الماء وقد يؤدى اتحاد العنصرين نفسهما إلى مادة سائلة أخرى هى فوق أكسيد الأيدروجين ، وهو المعروف لدينا باسم ماء الأكسيجين . وإننا لنجد الاجابة عن هذا السؤال فى شروح العالم الإنجليزى « جون دالتن » John Dalton (١٧٦٦ — ١٨٤٤) فلقد وجد أن العناصر تتحد دائما فى المركبات الكيميائية بنسب محدودة . فيتحد الأيدروجين والأكسجين مثلا بنسبة ١ : ٨ وزنا ليكونا الماء ، وبنسبة ١ : ١٦ ليكونا فوق أكسيد الأيدروجين وهكذا الحال مع جميع المركبات الكيميائية .

(١) Treadwqll & Hall; Analy tical chemistry. London 1957. pp.., 123-125

(٢) السيكلوترون : هو جهاز هدفه إعطاء الكيانات المتناهية فى الصغر سرعة كبيرة تدخل بها إلى ذرات العناصر فتحولها إلى عناصر أخرى

وفسر « دالتن » هذه الظاهرة المعروفة باسم قانون النسب الثابتة بافتراض أن العنصر يتركب من جسيمات دقيقة جداً ، هى الذرات وتتحد هذه الذرات بنسب معينة لتكون وحدة أكبر وأكثر تعقيدا للمركب الكيميائى ، وتسمى هذه الوحدة الجزىء فتتحد ذرة من الأكسيجين مع ذرتين من الأيدروجين لتكون جزىء الماء ، وتتحد ذرة من الكلور مع ذرة من الصوديوم لتكونا جزىء الصوديوم أى ملح الطعام . وهذا الأتحاد أقوى من أن تؤثر فيه القوى الميكانيكية . فنحن إذا سحقنا ملح الطعام حتى نصل إلى أدق مايمكن أن نحصل عليه من حبيبات ، فإن هذه الحبيبات تظل محتفظة بخواص الملح ، ولاتتفتت إلى مكوناته من الصوديوم والكلور . يمكن الإشارة إلى المبادىء الأساسية لنظرية « دالتن » التى أصبحت بداية للنظرية الذرية الحديثة فيما يلى :

تتألف أى مادة من ذرات متناهية فى الصغر لايمكن أن تنقسم (نحن نعلم أنها الآن تنقسم) وذرات العنصر الواحد متشابهة — والتغير الكيميائى إمّا ارتباط ذرات كانت من قبل متباعدة أو انفصال ذرات كانت من قبل متحدة — وقال « دالتن » : إن الذرات تفسر لنا فى سهولة كيف أن العناصر إذا اتحدت فإنها تفعل ذلك بأوزان معروفة بينها نسب ثابتة وأسماها قانون النسب الثابته[1] .

هذا ، ويمكن الاستدلال على التركيب الجزيئى للمادة من مشاهداتنا لسلوك الغازات . فالغاز ينتشر فى جميع أنحاء الحيز الذى يوضع فيه ، ويقل حجمه بإزدياد الضغط عليه (قانون بويل)[2].

وهذه خاصية لايمكن أن تظهر إلا إذا كان الغاز مكونا من وحدات صغيرة منفصلة تسبح فى الحيز وتفصل بينها مسافات تطول وتقصر طبقا للضغط المسلط على الغاز .

---

(١) Gregory, J.; A short History of Atomism. London A & C Black 1931

الباب السابع والباب الثامن يعالج النظرية الذرية لجون دالتن .

جون دالتن : كان أستاذا للرياضة بالكلية الجديدة بما نشستر . فى عام ١٨٠٨ أعلن نظريته المعروفة تحت عنوان « نظام جديد فى الفلسفة الكيماوية » .

(٢) فى عام ١٦٦٢ وضع بويل قانونه المشهور ليبين العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة ونصه « حجم مقدار معين من غاز يتناسب تناسبا عكسيا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة .

راجع : Mott - Smith, Heat & Its working, D. Appleton & Co. Newyork 1933

الأبواب ١ — ٣ عرض شائق لقوانين الغازات .

فنتوقع ، إذن ، امكان زيادة كمية الغاز فى الوعاء الحاوى له دون الحاجة إلى زيادة حجم الوعاء ، إذ تجد الوحدات الجديدة دائما مكانا لها بين الوحدات الموجودة أصلا . وكان ما يحدث هو أن تقصر المسافات الفاصلة بين الوحدات ، ومن ثم يزداد الضغط ومادام الأمر كذلك ، فإننا نتوقع ، أن يكون هناك حد أعلى للضغط الذى يمكن أن يسلط على الغاز ليقلل من حجمه ، إذ تعمل زيادة الضغط على تقصير المسافات التى تفصل بين جزيئات الغاز ومن المحتم أن لهذه المسافات حداً أدنى ، تصبح عنده الجزيئات مكدسة ولايمكن أن تقل عنه هذه المسافات بمقدار ملموس مهما يزداد الضغط ، وهذا هو ما نجده فى الطبيعة فى الواقع .

فبزيادة الضغط على بعض الغازات ، كبخار الماء مثلا ، أو ثانى أكسيد الكربون ، نجدها تتحول من الحالة الغازية إلى صورة أخرى هى الحالة السائلة وإننا لنلمس ذلك فى اسطوانة غاز الوقود المعبأ فى اسطوانات البوتاجاز المستخدم فى معظم منازلنا الآن . فليس ثمة شك فى أن ما ينبعث من صنبور الموقد غاز ، وهو الذى يشتعل ، ولكننا إذا حملنا الأسطوانة وهززناها ، سمعنا صوت سائل يرج داخلها ، وخاصة إذا كانت معبأة حديثا . والغاز فى الأسطوانة تحول إلى سائل تحت الضغط العالى الذى عبئت به ، وعندما أزيل الضغط يفتح الصنبور فيتحول إلى غاز مرة أخرى .

هذا هو الفرق بين السائل والغاز ، كلاهما يتكون من جزيئات دقيقة غير محكمة التعبئة فى الغاز وتصبح تعبئتها أكثر إحكاما فى السائل . ولاتختلف جزيئات المادة فى أى وجه من الوجوه سواء كانت فى الحالة السائلة أو الحالة الغازية . فجزىء الماء هو سواء كان على صورة بخار (غاز) أو سائل (الماء) أو متجمد (ثلج) ، إنما الفارق الوحيد بين الحالات الثلاث هو فى الخواص الطبيعية ، فالغاز قابل للانضغاط لكبر المسافات التى تفصل بين جزيئاته ، ولكن السائل غير قابل للانضغاط لصغر هذه المسافات وإنما يمكن تثلجه بالتبريد ، وعلى ذلك فيمتاز بأن له حجما معينا .

إذا كان التحول من الحالة الغازية إلى السائلة مسألة ضغط فقط ، فلماذا يظهر الماء سائلا وهو غير واقع تحت ضغط على مايبدو ؟ ولماذا لانحصل على أيدروجين سائل أو أكسيجين سائل مهما تكن قيمة الضغط المسلط عليهما ؟ إن المسألة ليست مسألة ضغط فقط ، إنما هى فى الحقيقة مسألة المسافات التى تفصل بين الجزيئات ، والقوى التى تعمل بينها . فيتأثر كل جزىء بقوى تربطه بالجزيئات المحيطة به ، وتتوقف هذه القوة التى تعمل بين الجزيئات على المسافة التى تفصل بين الجزىء والآخر ، فتضعف بازدياد هذه المسافة وتشتد بقصرها .

وليس الضغط هو العامل الوحيد الذى يؤثر فى تغيير المسافة ، ولكن هناك عاملا آخر يعمل مع الضغط وهذا العامل هو درجة الحرارة ، التى ارتفاعها يساعد على زيادة المسافة ، ويعمل انخفاضها على تقصيرها ، وبعكس الضغط الذى تعمل زيادته على تقصير المسافة ، ويعمل انخفاضه على زيادتها .

وتختلف قيمة القوة ومداها من مادة لمادة ، فنجدها كافية لحفظ المادة فى حالة السيولة تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة فى بعض المواد ، كالماء مثلا ، ونجدها ضعيفة جدا أو تكاد تنعدم فى مواد أخرى تحت نفس الظروف ، كما فى الغازات الدائمة كالأيدروجين والأكسيجين مثلا ولكن إذا بردت هذه الغازات إلى درجة حرارة منخفضة انخفاضا كافيا وضغطت ضغطا عاليا قصرت المسافات التى تفصل بين الجزيئات إلى الحد الذى يجعل القوة ذات أثر ملموس ، فتتخذ المادة الصورة السائلة .

إن إدراك العلاقة بين الضغط والمسافة ، أمر سهل تأثيره نلمسه فى حياتنا اليومية ، حيث أننا نلجأ عادة إلى زيادة الضغط إذا أردنا كبس الأشياء . ولكن الأمر غير الواضح هو العلاقة بين درجة الحرارة وهذه المسافات ، فليس هناك سبب واضح لهذا التأثير . ولكن إذا تذكرنا أن الحرارة طاقة وأن الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى . أمكننا أن نرى علاقة وثيقة بين الحرارة والمسافات التى تفصل بين الجزيئات ، فتغير المسافات يعنى حركة ، وبالتالى يعنى تغيراً فى طاقة الحركة ، ومن هنا يظهر لنا الدليل الأول للعلاقة بين الحركة والحرارة ، ومن هنا استمد « **ماكسويل** » Maxwell « **وكلاوزيوس** »[1] Klaweizuss نظرياتهم فى الديناميكا الحرارية فى الثلث الأوسط من القرن التاسع عشر ، حيث أمكن عزو ارتفاع درجة حرارة الأجسام إلى حركة جزيئاتها .

النظرية الحركية للغازات : Kinetic theory of gases

لقد عرفنا الأوانى الفخارية منذ حضارتنا القديمة ، وعرفنا قلة الماء تهيأ لنا ماءً ذا برودة فمن أين تأتى هذه البرودة وليس هناك ثلج يحيط بها ؟ إنها تأتى من حركة جزيئات الماء

(١) **رودلف كلاوزيوس** (١٨٢٢ – ١٨٨٨) عالم الفيزياء النظرية الألمانى الفذ – كان أول من وضع القانون الثانى للديناميكا الحرارية فى سنة ١٨٥٠ – بافتراض عدم إمكانية انتقال الحرارة بنفسها من الجسم الأكثر برودة إلى الجسم الأكثر سخونة . وفى سنة ١٨٦٥ باستخدام مفهوم الأنتروبيا الذى استحدثه بنفسه . كان أحد الأوائل الذين لجأوا إلى دراسة اللغة الحرارية للغازات . ذات الذرات الكثيرة . والتوصل الحرارى للغازات وقد أدت أبحاثه فى نظرية حركة الغازات إلى الوصول إلى التمثيل الاحصائى للعمليات الفيزيائية – وله مجموعة كبيرة من الأبحاث المهمة فى الظواهر الكهربائية والمغناطيسية .

راجع : تاريخ الكيمياء وفلسفتها للمؤلف .

داخل القلة وعلى سطحها . فجزيئات المادة فى حركة دائبة ، وهذه الحركة هى التى تكسبها ، خواصها الطبيعية من حيث درجة الحرارة والشكل .

والدليل على هذه الحركة واضح جدا فى حالة الغازات ، فكون الغاز ينتشر فى أى حيز يوضع فيه،يوحى فى الحال أن جزيئات هذا الغاز تتحرك وتنتقل من مكان إلى آخر ، فتشغل بذلك كل الحيز وهذه الحركة عشوائية Random motion تتطاير فيها الجزيئات على غير هدى ، ويصدم بعضها بعضا ، كما تصطدم بجدران الإناء الحاوى لها . ويتغير اتجاه الحركة عقب كل تصادم ، فيبدو الجزىء متخبطاً فى حركته ، ولقد درس « **ماكسويل وكلاوزيوس** » هذه الحركة دراسة شاملة وأخضعوها للقواعد الرياضية الصارمة ، فارتفعت بذلك إلى مصاف النظريات العلمية وأطلق عليها اسم النظرية الحركية للغازات . والفروض الأساسية لنظرية الحركة للغازات هى أن الغاز يتركب من جزيئات دقيقة أشبه بكرات تامة المرونة ، وتتحرك هذه الجزيئات حركات عشوائية فيصطدم بعضها ببعض ، وبجدران الاناء الحاوى لها وينشأ عن الأصطدامات السريعة المتتابعة بجدران الإناء قوة تؤثر عليه ، وهى مانعرفه بضغط الغاز Gas pressure وتختلف سرعة كل جزىء عن الآخر فمنها ما هو سريع جدا ومنها ماهو بطىء . وواضح أننا إذا سخنا الغاز أى أمددناه بالطاقة الحرارية ، فإن هذه الطاقة تعمل على زيادة طاقة حركة الجزيئات أى تزيد من سرعتها وبذلك يرتفع متوسط طاقة الحركة لجزيئات الغاز . وعلى ذلك ، يؤخذ هذا المتوسط كمقياس للحرارة التى يكتسبها الغاز .

وهو ما نعبر عنه بدرجة الحرارة فإذا زاد متوسط طاقة الحركة ، ارتفعت الحرارة ، وإذا نقص هذا المتوسط انخفضت درجة الحرارة . فننتظر إذن ، أن يبدأ مقياس درجة الحرارة ، عندما يكون متوسط طاقة الحركة صفرا ، أى عندما تنعدم الحركة كلية ، وهذه هى الحقيقة فهناك حد أدنى لدرجة الحرارة التى يمكن أن تبرد أى مادة إليها ، ويسمى هذا الحد الأدنى بالصفر المطلق[١] وهو يقابل - ٢٧٣° درجة مئوية ، وعنده تنعدم حركة جزيئات المادة . فالصفر المئوى الذى اعتدنا القياس منه ، يرتفع عن الصفر المطلق أى عن الحد الأقصى للبرودة ٢٧٣ درجة .

وعلى ذلك فما نطلق عليه سخونه ، وبرودة ، إن هو إلا مظهر للحركة العشوائية للجزيئات ، فتبدو المادة ساخنة إذا زادت سرعة جزيئاتها ، وتبدو باردة إذا انخفضت هذه السرعة . وماينطبق على الغازات ينطبق أيضا على السوائل والأجسام الصلبة ، مع بعض التعقيد ، إذ تظهر فى الحالتين الأخريتين القوى الناشئة عن صغر المسافات التى تفصل بين

(١) - ٢٧٣°م تسمى بالصفر المطلق وهى أبرد درجة حرارة فى الوجود . المرجع السابق ص ٦١

الجزيئات . ولكن الأمر المهم ، أن الأساس واحد ، وأن درجة الحرارة فى جميع الحالات مظهر للحركة الجزيئية ، وهى مقياس لمتوسط طاقة حركة الجزيئات . وهكذا نرى ، أن حركة الجزيئات فى المادة هى التى تحدد ، درجة حرارته ، وكما يعمل التزويد بالحرارة على زيادة كل من سرعة الجزيئات والمسافات التى تفصل بينها ، كذلك يعمل سحب الحرارة من المادة ، أى تبريدها ، على خفض سرعة الجزيئات ، وصغر مسافاتها . فبتبريد الغاز تقل سرعة جزيئاته ، وتصغر المسافات الفاصلة بينها حتى تصل هذه المسافات إلى قيمة تقع فى حدود مدى القوى التى تعمل بين الجزيئات وبذلك تقيد الحركة العشوائية ويتحول الغاز إلى سائل ، يتكون له سطح تنشأ فيه قوة تسمى التوتر السطحى **Surface Tension** وتعمل هذه القوة على منع الجزيئات من الإفلات منه ، فلا يفلت منه إلا تلك الجزيئات العالية السرعة فقط ، وإذا واصلنا التبريد استمرت السرعات فى الانخفاض ، وازداد قرب الجزيئات بعضها من بعض ، وازداد فعل القوة التى تعمل بينها ، حتى نصل إلى درجة تصبح عندها تلك القوى شديدة كافية لمنع الحركة ، الحرة التجوالية ، فتترتب الجزيئات فى مصفوفات هندسية منتظمة ، وتصبح المادة فى حالة الصلابة . وتقتصر الحركة الجزيئية فى هذه الحالة على حركة اهتزازية حول موقع الجزىء فى المصفوف الهندسى .

وهكذا ، نرى أن الحركة الجزيئية تنتقل تدريجيا من الفوضى فى الحالة الغازية إلى النظام التام فى حالة الصلابة ، وأنها الحركة هى التى تحدد حالة المادة ، وشكلها وحجمها ودرجة حرارتها وصفاتها الفيزيائية الأخرى .

النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الأولى

فكرة عن أعداد الجزيئات فى جرام واحد من المادة :

يبقى علينا أن نحصل على فكرة عن حجم الجزىء ، وعدد الجزيئات الموجودة فى جرام واحد من المادة مثلا . ومرة أخرى تلجأ إلى خواص الغازات عسانا أن نجد فيها ما يمكننا من الوصول إلى بغيتنا فلقد توصل ، « **أفوجادرو** » **Avogadro** عام ١٨١١[١] إلى افتراض جزىء أرسى به حجر الأساس لما نعرفه الآن بإسم النظرية الكيميائية للذرات .

(١) **أميديو أفوجادرو** (١٧٧٦ – ١٨٥٦) فيزيائى إيطالى – ولد فى بلدة تورين . كان أستاذاً للفيزياء فى جامعتها – أشهر ما جاء به النظرية الكيميائية للذرات وقد نشرها فى رسالة عنوانها محاولة تعيين الكتل النسبية الأولية والنسب التى بها تدخل فى المركبات الكيمائية . تبعه « **كانيزارو** » **Cannizzaro** (١٨٢٦ – ١٩١٠) الإيطالى أيضا برسالة عنوانها الأوزان الذرية والأوزان الجزئية وضرورة التفرقة بينهما وبذلك تمت الخطوة الأولى فى النظرية الذرية الجزئية .

ولقد جاء فرضه هذا نتيجة لقوانين اتحاد الغازات ، وتغير حجمها مع الضغط ودرجة الحرارة ، وهو ينص على أن الحجوم المتساوية من جميع الغازات تحتوى على العدد نفسه من الجزيئات فى درجات الحرارة الواحدة والضغوط المتساوية ولقد أكدت التجارب صحة هذا الفرض بل أنه ارتفع إلى مصاف القوانين العلمية لما له من أهمية عظمى فى تفهمنا لتركيب المادة . لن نخوض فى تفصيلات البراهين على أثبات صحة هذا القانون ، ولكننا سوف نقتصر على توضيحه بطريقة مبسطة .

فالضغط الواقع على جوانب الاناء المملوء بالغاز ينتج عن تصادم جزيئات الغازية ، هذا ، علما بأن الجزيئات ترتد ثابتة عن الجوانب فينشأ عن مجموع هذه الدفعات ضغط على الجوانب . وواضح أن هذا الضغط يتوقف على طاقة الحركة للجزئيات التى تتوقف بدورها على درجة حرارة الغاز . ولما كان متوسط طاقة الحركة لجزئيات جميع الغازات متساوية فى درجة الحرارة نفسها ، فإنه إذا احتوى حجمان متساويين من غازين ، عددين متساويين من الجزيئات – تساوى ضغط كل منهما أيضا عند درجة الحرارة الواحدة ، وهذا هو المعنى الحقيقى لفرض « أفوجادرو » .

ولقد كان فرض « أفوجادرو » من الدعائم الرئيسية التى ارتكز عليها تعيين الأوزان الجزيئية والذرية[١] وكذلك تركيب الجزيئات المختلفة . ونظراً لصغر الجزيئات ، اختيرت وحدة الأوزان الذرية مساوية $\frac{١}{١٦}$ من الوزن الذرى للأكسجين ، بحيث يكون الوزن الذرى للأكسيجين ، ١٦ تماما . كما تقاس الأوزان الجزيئية بنفس الوحدة ، فيكون الوزن الجزيئى للأكسيجين ٣٢ ، إذ أن جزىء الأكسيجين يحتوى على ذرتين . ولنرى الآن كيف يمكن تعيين الأوزان الذرية والجزيئية بالاستعانة بفرض « أفوجادرو » ، ولنأخذ اتحاد الأيدروجين والأكسيجين لتكوين الماء كمثال توضيحى لذلك :

فلقد أثبتت التجارب أن الأيدروجين يتحد مع الأكسيجين بنسبة ١ : ٨ لتكوين الماء . كما أثبتت التجارب أيضا أن اللتر من الأيدروجين يتحد مع نصف لتر من الأكسيجين ليعطى

---

(١) ما كان يسميه جون دالتن ذرات Atoms نسميه اليوم جزئيات Molecules والأخير يتكون من ذرتين .

أما – **الوزن الذرى** فهو النسبة بين وزن من العنصر إلى وزن من الأيدروجين – ولا يميز الوزن الذرى لأنه نسبة وليس الاختلاف فى الوزن الذرى هو كل الاختلاف بين عنصر كيماوى وآخر كما ظن جون دالتن – حيث هناك مجموعات من العناصر تتفق فى خواصها الكيميائية وتختلف فى أرقامها الذرية أو اعدادها الذرية Atoms number وكان تفكير دالتن أننا إذا عجزنا عن إيجاد وزن الذرات نحن بعاجزين عن إيجاد النسبة بين أوزانها – أى إيجاد أوزانها النسبية .

لتراً من بخار الماء . علما بأن هذه الحجوم مقيسة تحت ضغط واحد ودرجة حرارة واحدة . وعلى ذلك فطبقاً لفرض « أفوجادرو » ، يحتوى جرام الأيدروجين على ضعف عدد الجزيئات الموجودة فى ٨ جرامات من الأكسيجين ، أى يتساوى عدد الجزيئات فى كل من الجرام من الأيدروجين و ١٦ جراما من الأكسيجين ويتضح من ذلك فى الحال أن وزن جزىء الأيدروجين $\frac{١}{١٦}$ من جزىء الأكسيجين ووزن جزىء بخار الماء $\frac{٩}{١٦}$ من وزن جزىء الأكسيجين ، ولما كان الوزن الجزيئى للأكسيجين ٣٢ فإن الوزن الجزيئى للأيدروجين يصبح ٢ ، ولبخار الماء ١٨ . ولما كان حجم بخار الماء الناتج مساويا لحجم الأيدروجين ، فإن عدد جزيئاتهما متساوية ، أى يجب أن يتحد جزىء أيدروجين مع نصف جزىء أكسيجين . ليتكون جزىء بخار الماء . ولما كانت الذرة هى أصغر وحدة للمادة[١] يمكن أن تدخل فى الاتحاد الكيميائى ، فانه يتضح أن جزىء الأكسيجين يتركب من ذرتين ، وأن جزىء الماء يتكون من ذرتى أيدروجين وذرة أكسيجين واحدة . ويتضح مما سبق أن الجرامين من الأيدروجين ، ٣٢ جراما من الأكسيجين ، ١٨ جراما من بخار الماء تحتوى جميعها على عدد واحد من الجزيئات ، ولعلنا نلاحظ أن هذه الأوزان هى الأوزان الجزيئية للأيدروجين والأكسيجين والبخار مقدرة بالجرامات . فنستخلص من ذلك أنه إذا أخذ من هذه الغازات عدد من الجرامات مساوية للوزن الجزيئى لكل منها تساوى عدد الجزيئات فى كل منها وتنطبق هذه القاعدة على جميع المواد كلها إذ يحتوى الوزن الجزيئى لأى مادة مقدراً بالجرامات على نفس العدد من الجزيئات بالضبط . وبالمثل تماما يعرف **الوزن الذرى** Atomic weight مقدراً بالجرامات : بكمية العنصر الذى يكون وزنه بالجرامات مساويا وزنه الذرى عدديا ، فالوزن الذرى بالجرامات للأيدروجين ، هو جرام واحد ، والوزن الذرى بالجرامات للأكسيجين هو ١٦ جراما . وواضح أن الوزن الذرى بالجرام يحتوى دائما العدد نفسه من الذرات أو يحتوى على عدد من الذرات يساوى عدد الجزيئات فى الوزن الجزيئى بالجرامات ويسمى هذا العدد الهام « **عدد أفوجادرو** » وهو يساوى $٦,٠٢٤ \times ١٠^{٢٣}$ وهذا يعنى أن الوزن الجزيئى .

---

(١) ميز أفوجادرو بين نوعين من الجسيمات المتناهية فى الصغر وهى الجزىء والذرة ، **فالجزىء** جسيم متناهى فى الصغر يمكن أن يوجد منفردا وتظهر فيه خواص المادة ، وهو يتكون من عدد صحيح من الذرات التى قد تكون متشابهة فى جزىء العنصر وقد تكون مختلفة فى جزىء المركب .

والجزىء لاينقسم بالطرق العادية كالطرق أو التفتيت وإنما خلال التفاعل الكيميائى .

أما الذرة فهى أصغر جزء من المادة - لايوجد على حالة انفراد ولاتظهر فيه خواص المادة ولكنه يشترك فى التفاعل الكيميائى .

Treadwell, F. &, Hall, W., **Analytical chemistry**. London 1957 p.180

بالجرامات للمادة (جرامات من الأيدروجين مثلا) يحتوى مايقرب من مليون مليون مليون جزىء .

وبمعرفة هذا العدد أمكن حساب عدد الجزيئات فى المليمتر فكانت بضعة ملايين حيث تتفاوت أحجام الجزيئات ، بطبيعة الحال ، طبقا لتركيبها .

الـــذرات : Atoms

تتركب الجزيئات من ذرات ، وقد تكون هذه الذرات متشابهة أو غير متشابهة ، فجزيئات العناصر تحتوى ذرات متشابهة ، وجزيئات المركبات تحتوى ذرات عناصر مختلفة بأعداد مختلفة وواضح أن الذرة وحدة أصغر من الجزىء ، وإذا تفتت جزىء المركب الكيميائى إلى ذراته ، افتقد صفة المادة المكون لها . فإذا تفتت جزىء الماء مثلاً إلى ذرتى أيدروجين وذرة أكسيجين ، اختفت صفات الماء كلية ، وأصبحنا أمام ذرات غازين مختلفين عنه ، هما الأكسيجين والأيدروجين . وهنا نجد أنفسنا أمام عدة أسئلة محيرة تحتاج إلى الأجابة عليها ، ماهى الذرات وهل هى وحدات غير قابلة للتفتت[1]؟ وما الذى يجعلها تتحد لتكون جزيئات وذلك بالتنوع العظيم من المادة ؟ وما الفرق بين ذرة وأخرى ؟ وغير ذلك من الأسئلة العديدة التى سوف نحاول الإجابة عنها فى موضوع مشكلة طبيعية المادة فى الباب الثانى – الفصل الأول من الكتاب .

الـذرة والكهـربية : Atom & Electricity

بدأت قصة التعرف على خصائص الذرة الطبيعية وتركيبها عام ١٨٠٠ ، حيث استخدمت البطارية الكهربائية التى كانت اخترعت فى ذلك الوقت ، لتحليل الماء إلى مكوناته الأيدروجين والأكسيجين وتبع ذلك « **همفرى دافى** » **H. Davy** فحلل الأملاح إلى شقيها المعدنى واللامعدنى فى عام ١٨٠٧ . وتبين لنا هذه التجارب أن القوة التى تجمع بين الذرات فى الجزىء قوى كهربية ، إذ أمكن التغلب عليها وتفتت الجزىء بفعل المجال الكهربى ، أضف إلى ذلك أن « **فاراداى** » **Faraday** أثبت أن كتلة المواد الناتجة

---

(١) المكونات الأساسية لأى ذرة فى الوجود هى البروتونات والالكترونات والنيوترونات وجسيمات أخرى هذا ما وصل إليه العلماء بعد تفتيت الذرة – وتختلف العناصر باختلاف أعداد هذه المكونات

راجع : Hecht, selig; **Explaining the atom.** New York, Viking press 1947

يلخص الباب الأول بأسلوب مبسط جميع الدلائل على نشأة الذرة والذرية .

باستخدام شدة التيار نفسها فى أزمنة متساوية تتناسب مع الأوزان التى تتحد بها هذه المواد فى جزيئات المحاليل ، أى أن نسبة الأيدروجين إلى الأكسيجين الناتجين من تحليل الماء تساوى ١ : ٨ وزنا كما أتضح لفاراداى أن الذرات تحمل شحنات كهربية .

اكتشاف الإلكترون : Discovery of Electron

أدت التجارب التى أجريت على مرور الكهربية فى محاليل الأملاح إلى النتيجة الهامة سالفة الذكر وهى ذرية الكهربية . وأضافت دراسة مرور الكهربية فى الغازات المخلخلة تفصيلات أدق إلى هذه النتيجة إذ أمكن عن طريقها التعرف على وحدة الكهربية ، وعلى أن هذه الوحدة داخلة فى تركيب الذرات،وأشهر الأمثلة لمرور الكهربية فى الغازات هى أنابيب الأعلانات التى تزين الشوارع فى المدن بأضوائها المختلفة الألوان والمعروفة باسم (أنابيب النيون) إذ تحتوى هذه الأنابيب غازات مختلفة ، تحت ضغط منخفض ويثبت فى طرفيها قطبان معدنيان ، وبتوصيل هذين القطبين بمصدر كهربى عالى الجهد تتأين ذرات الغاز ، أى تنفصل عنها شحنة كهربية سالبة ، وتصبح الذرة موجبة الشحنة وتسمى فى هذه الحالة أيونا موجبا ، ويسرى تيار من الذرات المتأينة بين القطبين ، وينتج عن التأين أضواء مختلفة تميز ألوانها الغازات التى تحتويها الأنابيب . وتسمى هذه الظاهرة التفريغ الكهربائى فى الغازات[1].

قاس . ج طومسون G. Thomson النسبة بين شحنة الأيونات وكتلتها فى التفريغ الكهربائى فى الغازات المختلفة ولاحظ وجود أيونات كثيرة موجبة الشحنة وسالبتها ، ووجد أن نتائجه تتفق مع النتائج السابق الحصول عليها من تجارب التحليل الكهربى . ولكن الأهم من ذلك أنه وجد جسيمات تحمل الشحنة نفسها ، وتبلغ كتلتها $\frac{١}{١٨٤٥}$ تقريبا من ذرة الأيدروجين أخف الذرات . أطلق على هذه الجسيمات اسم الالكترونات Electrons وواضح أن هذه الالكترونات كانت داخل الذرات ، ثم أخرجت منها بفعل التفريغ الكهربائى . إذ أن الغاز كان متعادلاً قبل إمرار الكهربية فيه . وهكذا ظهر أول دليل على أن الذرة ليست كائنا بسيطا ولكنها مركبة . وأول ماعرف من مكوناتها الالكترون سالب الشحنة ، وهو جسيم خفيف جداً بالنسبة للكتلة الكلية للذرة ، فتبلغ كتلته $\frac{١}{١٨٤٥}$ من ذرة الأيدروجين

(١) **التفريغ الكهربائى للغازات** : يمكن تلخيصها فى إمرار تيار كهربائى فى غاز متأين وعادة تستخدم الغازات الخاملة (نيون ... أرجون – كربتون – زينون) أو الأيدروجين

راجع Nagie, W.F., **Source Book in physics.** New York, Mc Graw-Hill Book Co., 1935 p.427

ومما أكد هذا الأتجاه فى التفكير تطابق جميع الالكترونات بصرف النظر عن الذرات المنزوعة منها ، أو الطريقة التى نزعت بها فيمكن الحصول على حزمة من الإلكترونات بتسخين المعادن لدرجة التوهج ، وتسمى هذه الظاهرة « الانبعاث الحرارى » ... Thermic emmission وهى الأساس فى الصمامات الالكترونية المستخدمة فى أجهزة استقبال الراديو والتليفزيون . وهى التى ترسم الصورة على شاشة التليفزيون .

ولما كانت الذرة متعادلة أصلاً ، فأول مايتجه إليه التفكير هو أنها تحتوى شحنات موجبة لتتعادل مع شحنات الإلكترونات السالبة . ويجب أن تكون كتلة الذرة مركزة فى الجزء الموجب منها إذ ظهر أن الالكترونات خفيفة جداً ولايمكن أن تسهم إلا بجزء ضئيل جداً فى كتلة الذرة . ولقد تصور ج.ج طومسون الذرة ككرة من المادة موجبة الشحنة ومرصعة بالاكترونات . ولكن هذه الصورة لم تكن ذات فائدة فى تفسير الظواهر المختلفة التى تبديها الذرات وخاصة انبعاث الأضواء ذات الألوان المختلفة عندما تستثار هذه الذرات فى حالة التفريغ الكهربائى خلال الغازات . وظلت الذرة محتفظة بسر تركيبها إلى أن أجرى إثنان من **مساعدى « رذرفورد » Ruther ford** هما **« مارسدن وجيجر »** Marsden & Geiger تجربة رائدة فى عام ١٩١٠ ، تعتبر بحق الشرارة الأولى لثورة التفكير الفيزيائى فى القرن العشرين ، كما تعتبر اللبنة الأولى فى أساس ذلك الفرع الجديد من الفيزياء المعروف بالفيزياء النووية ... Nuclear Physics

اكتشافات البروتون : Discovery of proton

بعد الجهود التى بذلها (طومسون) وكان لها آثارها فى المجال الذرى جاء العالم الأنجليزى « رذرفورد »[1] وصحبه « مارسدن وجيجر » فتولو موضوع تركيب الذرة ونواتها[2] بعناية ودراسة مستفيضة حتى استكشف مايسمى (بالبروتون فى نواتها) ،

(١) **أرنست رذفورد** (١٨٧١ - ١٩٣٧) ولد فى نيوزيلنده فى عام ١٨٧١ وتعلم بكمبردج بانجلترا وأجرى بحوثه فيها وفى عام ١٨٩٨ ذهب إلى كندا أستاذا للفيزياء ، وهناك بدأ بحوثه فى النشاط الأشعاعى الذى كون شهرته - وتابع هذه البحوث بعد ذلك فى منشستر ، عين بعد ذلك أستاذاً للفيزياء التجريبية بكمبردج وفى عام ١٩١٩ نال ميدالية الجمعية الملكية وجائزة نوبل وانتخب رئيسا للجمعية الملكية من ١٩٢٥ - ١٩٣٠ ومات عام ١٩٣٧ وأشهر أعماله وبحوثه فى الدرة تركيبها ..

(٢) **النواة** : الجزء الأساسى المركزى فى الذرة ، وهو الذى تتركز فيه كتلتها أو تكاد ، وله شحنة موجبة ويشغل جزءاً غاية فى الصغر من حجمها

Dampier sir william, **A History of Science.** The macmillan Co., 1946 p.389

وبعد أن استكشف العالم الفرنسى « هنرى بكريل ومدام كورى » & H. Becquerel madame Curie الأشعاعات الذرية ، بدأ « رذرفورد » تجاربه على أشعة ألفا المنبعثة من المواد المشعة ، ومن تشتت تلك الأشعة عند حواجز رقيقة جداً من المعادن أمكنه استنتاج : أن للذرات التى اعترضت مسار أشعة ألفا نوى تحمل شحنات موجبة التكهرب ، وهنا فكر فى وضع نموذج للذرة سُمى بإسمه .

نموذج رذرفورد لبنية الذرة : Rutherford atom model

وضع « رذرفورد » نموذجا للذرة يعتبر نقطة الابتداء للآراء الحديثة لتركيب الذرة Structure of A. افترض أنه بدلا من توزيع الشحنة توزيعا منتظما على كرة اعتبرها طومسون النواة فإنها تتركز فى منطقة غاية فى الصغر ، قطرها أقل من مليون من السنتيمتر ، وسميت هذه المنطقة فيما بعد « بالنواة » Nucleous حيث تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة تتركز فيها كتلتها ، يحيط بها عدد من الالكترونات السالبة الشحنة تتحرك بسرعة حول النواة ، وعدد الالكترونات خارج النواة يساوى عدد عدد الشحنات الموجبة التى تحملها النواة حتى تكون الذرة متعادلة كهربائيا وأن حجم النواة مضافا إليه حجم الالكترونات صغيرة جدا بالنسبة لحجم الذرة بمعنى أن معظم الذرة فراغ . وقد وجد الباحثون أن نوى بعض العناصر تحمل شحنة كهربائية مقدارها يساوى نصف الوزن الذرى ، أى نصف النواة يحمل شحنات موجبة ، ونصفها الآخر لايحمل شحنات ، ما عدا ذرة الأيدروجين فنواتها تحمل وحدة كهربائية موجبة . وكان من أهم الصعوبات التى تعترض أى نموذج للذرة هى وجود الألكترون سالب التكهرب بجانب النواة موجبة التكهرب دون انجذابهما ، والتصاقهما وتلاشى شحنتيهما مما يتعذر معه اخراج الالكترون من الذرة ، فلاتستقر الذرة إذا كانت القوى المؤثرة على مكوناتها هى قوى الجذب الكهربائى وحدها .

النظرية الذرية المعاصرة فى مرحلتها الثانية

التركيب الذرى للمادة : Atomic structure of matter

تتابعت النظريات فى تركيب الذرة لعل العلماء يجمعون على تصور مقبول ، لشكل الذرة وتركيبها ، تثبته المشاهدات وتعززه نتائج التجارب التى عمت الكثير من معامل الفيزياء بالعالم ، وقد كان من الواضح أن الذرة لتعادلها كهربائيا تحمل شحنتين كهربائيتين مختلفتين ، الأولى سالبة وهى شحنة الالكترونات التى ثبتت عمليا ، ولاشك فى وجودها

بالذرة ، وتبعا لذلك لابد من وجود شحنة موجبة تساوى فى مقدارها شحنة الالكترونات ويحملها الجزء الثانى من الذرة الذى عرف بالنواة وداخلها البروتونات والنيوترونات . Protons & Neutrons

اكتشاف النشاط الأشعاعى الطبيعى :

خلال ثلاث سنوات متتالية فى أواخر القرن التاسع عشر قدم العلماء للانسانية ثلاثة اكتشافات غاية فى الأهمية ، ففى عام ١٨٩٥ اكتشف رولتجن Roentgen[1] (١٨٤٥ – ١٩٢٣) لأشعة السينية X - rays التى مهدت السبيل للتعرف على ظاهرة النشاط الاشعاعى Radio activity[2] تلك الظاهرة التى اكتشفها هنرى بكريل H. Becquerel الفرنسى فى عام ١٨٩٦ ، وثالثها هو اثبات طومسون Thomson وجود إلالكترون خارج حيز الذرة فى عام ١٨٩٧ . أجرى هنرى بكريل تجربة قلبت البحوث الذرية رأسا على عقب ، جعلت فى الإمكان استخدام الطاقة الذرية ، فبينما كان العلماء فى ذلك الوقت مشغولين بالأشعة السينية والجهود مبذولة لدراستها ومعرفة مصدرها ، أعلن بكريل أن الأشعة السينية أو أية أشعة مماثلة ممكن أن تشع من معادن أرضية بعد تعرضها مدة لأشعة الشمس ولاثبات ذلك عرض مواد مختلفة لأشعة الشمس ثم درس تأثيرها على الألواح الفوتوغرافية ، وكم كانت دهشته عندما اكتشف بطريق الصدفة أن بعض المعادن تؤثر على الألواح الفوتوغرافية تأثيرات تشابه تأثير الأشعة السينية عليها ولو أنها لم تعرض لأشعة الشمس ، كما تنفذ فى طبقة سميكة من مادة لاتسمح بمرور الضوء ، هذه المواد كانت إحدى مركبات اليورانيوم Uranium Compounds واستنتج أن هناك أشعة نفاذه غير منظورة تشبه الأشعة السينية تنبعث من معدن اليورانيوم ، هذه الظاهرة الجديدة سميت النشاط الأشعاعى .Radio activity تبين أن الخواص الأشعاعية لليورانيوم وغيره من المواد ترجع إلى التغيرات السريعة داخل تركيب الذرة ، وكل المحاولات التى بذلت لايقاف تلك التغيرات بالطرق الطبيعية المعروفة كتأثير الحرارة والبرودة والتفاعلات الكيمائية لم تنجح ، ولم تحد من قوة نشاطها الأشعاعى ، وكما نعرف لايتعدى تأثير تلك

(١) كونراد فون رولتجن الفيزيائى الألمانى مكتشف الأشعة السينية ، تقلب فى عدة مناصب للأستاذية فى ألمانيا ، ونال ، ميدالية الجمعية الملكية بلندن عام ١٨٩٦ وجائزة نوبل عام ١٩٠١

(٢) تعرف ظاهرة النشاط الاشعاعى بأنها عملية التحول التلقائى للأنوية غير الثابته أو النشطة أو المشعة – لعنصر ما إلى أنوية ذرة عنصر آخر عن طريق انبعاق نوع معين من الأشعاع .
راجع : Bragg, sir William, Concerning the nature of things G. Bell Sons 1925 p.203

المحاولات سحب الإلكترونات الخارجية التى تحيط بالنواة ، ولذلك استنتج على الفور – أن النشاط الأشعاعى لابد وأنه تغييرات سريعة غاية فى السرعة فى مركز الذرة وتستمر هكذا حتى تنتهى المادة المشعة ، وتتحول إلى أخرى خاملة . وعلى ضوء هذه الحقائق تابعت مارى وبيير كورى بحوثهما جريا وراء استكشاف مواد مشعة جديدة . ولايقل ما قام به آل كورى أهمية عن اكتشاف أى جزء من مكونات الذرة ، فقد ابتدأ بيير كورى بخمسة أطنان من خامة البتشبلند Betchblende وهى من المواد الخام الغنية بالراديوم والبولونيوم Radium & Polonium ، وحصل على كمية ضئيلة من مادة الراديوم الباحثين عنها ، وهى أقوى العناصر المعروفة بشدة النشاط الأشعاعى .

طبيعــة الأشـــعاعات النـوويـة

تنشأ الأشعاعات الذرية[1] من اضطرابات نواة ذرة المادة المشعة فتنبعث من النواة ثلاثة أنواع أشعة هى :

(أ) أشعـــة ألفـا : Alpha rays

وهى عبارة عن جسيمات تحتوى كل منها على بروتونين ونيوترونين وتحمل شحنة كهربائية موجبة قدرها ضعف شحنة البرتون الموجبة ، وبانبعاثها من النواة تتحول النواة إلى نواة ذرة أخرى أقل منها فى العدد الذرى .

(ب) أشعـــة بيتـا : Beta rays

وهى عبارة عن الكترونات تكونت بالنواة نتيجة لتحلل النيوترون إلى بروتون والكترون ، فيبقى البروتون بالنواة ويحولها إلى نواة ذرة أخرى أكبر منها فى العدد الذرى ويتطاير الالكترون ويسمى أشعة بيتا ، ولذلك فهى سالبة التكهرب ولاتختلف عن أشعة المهبط (Cathode rays) سوى أنها ذات طاقة عالية .

---

(١) يرمز إلى أنواع الاشعاع برموز الأحرف اليونانية α β γ الأولى والثانية أشعة جسيمية لها القدرة على الأختراق والتأثير فى الألواح الفوتوغرافية الحساسة والتأثير فى المجالات الكهربية والمغنطيسية . والأخيرة مثل أشعة الضوء إلا أنها لها القدرة على اختراق الألواح المعدنية والأجسام الحية .
راجع : Ibid p.204

(جـ) أشعة جاما : Gamma rays

وهى أشعة كهرومغناطيسية كالضوء والأشعة السينية وتصاحب أشعة ألفا أو بيتا إذا لم يتحقق للنواة الاستقرار . طول موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادى لاتؤثر فى الألواح الحساسة ولا تتأثر بالمجالات الكهربية والمغناطيسية .

التفتت الاشعاعى : Radioactivity decay

فى سنة ١٩٠٢ عزز رذرفورد النظرية القائلة بأن النشاط الأشعاعى يتسبب عن تحطيم الذرات ، وكان ذلك نتيجة بحوث أجريت على طبيعة الأشعاع المنبعث من المواد المشعة ففى حالة الراديوم ، وجد أن جسيمات ألفا تنبعث منه ، وهذه الجسيمات مشابهة تماما لنواة ذرة الهليوم ، إذ تتحطم ذرات الراديوم واحدة تلو الأخرى مشعة من داخلها جسيمات ألفا ، وكذلك ينبعث جزء من طاقة الراديوم المشع على هيئة أشعة جاما التى قلنا أنها أشعة كهرومغناطيسية كالضوء ولكنها أقوى منه بكثير . وذرات الراديوم المتحطمة لاتحتفظ بخاصية عنصر الراديوم بل تتحول إلى مادة أخرى جديدة هى غاز الرادون[١] .

لقد بدأ التحول من عنصر الراديوم إلى غاز الرادون غريبا فى بادىء الأمر ، فعندما تنفصل نواة الهليوم التى تتكون من بروتونين ونيوترونين من ذرة الراديوم تفقد الأخيرة شحنتين موجبتين فيترتب على هذا أن تفقد الكترونين ، لتحتفظ بتعادلها الكهربى . ولما كان العدد الذرى للراديوم ٨٨ فإن الذرة الجديدة تكون ذات عدد ذرى ٨٦ أى يحيط بها ٨٦ إلكترونا وبالرجوع إلى جدول العناصر لمندليف نجد أن الذرة الجديدة ذرة « غاز الرادون » . «Radon gas»

من ذلك نجد أن لدينا عنصر يتحول إلى عنصر آخر من تلقاء نفسه ، ولذا يفسر النشاط الإشعاعى بأنه عملية تحول عنصر إلى آخر ينطلق أثناءها من داخل النواة جسيمات متناهية فى الصغر وبسرعة فائقة . وبعد فترات زمنية معينة ستتحول هذه المواد ذات النشاط الإشعاعى إلى رصاص وهو آخر مراحلها الخاملة . كذلك إذا تحطمت ذرة غاز الرادون فإنه ينطلق منها جسيمات ألفا بسرعة تزيد على ٣٦ مليون ميل / ساعة وتكون طاقة حركتها غاية فى الكبر ، وكل ذرة واحدة تتحطم ينتج عنها طاقة على هذا النمط أكبر من أية طاقة ناتجة من المفرقعات الكيميائية . فمقدار الطاقة الذرية الممكن الحصول عليها على هيئة جسيمات ألفا السريعة المنبعثة من جرام واحد من غاز الرادون تصل إلى ٨٠٠,٠٠٠ كيلوات ساعة والوقت الذى تأخذه أية كمية من الراديوم ليتحول نصفها

(١) Hecht, S., **Explaining the atom.** viking press 1947 p.127

فقط إلى رادون هو ١٦٠٠ سنة وبعد ١٦٠٠ سنة أخرى يتحول نصف الباق (أى ربع الكمية الأولى) وهكذا . أما ذرات اليورانيوم التى تشبه الراديوم فى اشعاعها لجسيمات ألفا فإنها تتلاشى بمعدل أقل ، ويتحول نصف أية كمية منه فى ٤٥٠٠ مليون سنة ، وبجانب هذا توجد مواد مشعة أخرى تتلاشى سريعا فى جزء من مليون من الثانية وهذه المواد غير المستقرة لايمكن أن تبقى طويلا ولا توجد منفردة بل مع المادة طويلة العمر التى أوجدتها . أما ذرات اليورانيوم التى تشع اشعاعات ذرية كالراديوم فإنه عند تحطمها تتكون مادة أخرى[1]، وهذه تتحطم أيضا مكونة مادة مشعة ثالثة وهكذا تستمر عملية التحطيم وخلق مواد جديدة لاتقل عن ١٣ مادة مشعة حتى تصل إلى حالة استقرار – ويكون الرصاص هو المادة النهائية المستقرة . ولما كان الوزن الذرى لنواة اليورانيوم ٢٣٨ فإنه عندما تشع جسيمات ألفا ذات الوزن الذرى ٤ تتحول إلى ذرة وزنها الذرى ٢٣٤ ، وكلما حصل تغير حصل نقص فى الوزن الذرى الجديد فاليورانيوم ينتهى برصاص يسمى رصاص اليورانيوم وزنه الذرى ٢٠٦ ، والأكتينيوم ينتهى برصاص يسمى رصاص الأكتينيوم وزنه الذرى ٢٠٧ ، والثوريوم ينتهى برصاص الثوريوم وزنه الذرى ٢٠٨ وكل التأثيرات الكيميائية لهذه الأنواع من الرصاص واحدة فهى تتحد فى العدد الذرى وتختلف فى الوزن الذرى ولذا فهى تسمى نظائر . Isotopes

نصف العمر أو حياة النصف : Half life

تنبعث جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما من ذرات العناصر المشعة بحساب دقيق فهى تنطلق وفق معدلات منتظمة وبنسبة ثابتة بحيث يمكن حساب حجمها والتنبؤ بتناقص مقدارها وعمرها . فلكل مادة عمر زمنى معروف ، ويسمى الزمن الذى ينقضى لتصل المادة المشعة إلى نصف كميتها بنصف العمر أو حياة النصف ، فمثلا :

نصف عمر الكربون المشع ٥٧٠٠ عاما ، الفورسفور المشع ١٤,٣ يوما ، واليود المشع ٨ أيام والراديوم ١٦٠٠ سنة واليورانيوم ٤٥٠٠ مليون سنة – وهناك من المواد

(١) إن تحول أنوية العناصر إلى أنوية عناصر أخرى بواسطة انبعاث هذه الاشعاعات الثلاث إنما يجرى ذلك طبقا لقانون بقاء المادة والشحنة – أى أن ظاهرة الاشعاع أو التحول الاشعاعى لايحدث معها أى فقد للوزن الذرى أو العدد الذرى ككل – أى أن مجموع الأوزان الذرية والأرقام الذرية لكل من المادة الجديدة والأشعة المنبعثة يساوى تماما فى مجموعه الوزن والرقم الذرى للنواة المشعة . ويطلق على النواة المشعة الأصلية النواة الأم Mother nucleous بينا تسمى النواة الجديدة بإسم النواة الابنة Daughternucleous .

Smyth, H., **Atomic energy for military purpose.** princeton univ. Press., 1945 p.309

المشعة ماهو قصير العمر ، فمنها ما عمره ثوان ومنها ما عمره دقائق ومنها ما عمره ساعات[1].

امتصاص الأشعاعات الذرية وأجهزة قياسها :

تتفاوت درجة نفاذ الأشعة وقوة اختراقها للأجسام والمواد من اشعاع إلى آخر ، فأشعة ألفا تمتصها ألواح رقيقة من الألومنيوم وأشعة بيتا تمتصها ألواح من ألومنيوم سمكها بضعة ملليمترات ، أما أشعة جاما وهى شديدة النفاذ وتحمل أكبر الأخطار فيمتص معظمها ألواح من الرصاص سمكها بضعة سنتيمترات ، والمواد المشعة مصدر خطر كبير على الانسان والحيوان والنبات إذا لم تتخذ الطرق المأمونة للوقاية من اشعاعاتها ، ولو زادت كمية الأشعاع التى تقع على الأجسام الحية من مصدر مشع من حد معلوم معروف متفق عليه دوليا ، فإنها تلحق أضرار بالغة بالأعضاء المختلفة التى تتعرض لها فتسبب الحروق والأمراض السرطانية ، وفى حالات التعرض الشديد تؤدى إلى الوفاة فى وقت وجيز . لذا كان ولابد من قياس الأشعاعات الذرية لتوقى أخطارها . فإختراع العلماء أجهزة لقياسها لمعرفة مقدارها . وقد اخترع العالم جيجر جهازا يسمى عداد جيجر Geiger counter تقاس به كميات المواد المشعة مهما تضاءلت ، ونظرية هذا الجهاز هى تحويل طاقة الأشعاعات الذرية إلى طاقة كهربائية على هيئة نبضة كهربائية يمكن تسجيلها ، وهناك عداد آخر يسمى العداد الوميضى ، ونظريته هى تحويل طاقة الأشعاعات الذرية إلى طاقة ضوئية تؤثر على مهبط خلية ضوئية فتخرج منه إلكترونات تنجذب سريعة نحو مصعد الخلية محدثة تياراً كهربائيا على هيئة كهربائية يمكن تسجيلها وبالتالى يمكن عدّ الأشعة والجسيمات المنبعثة .

مواد النشاط الأشعاعى الصناعى : Industerial radioactivity elements

وتسمى تلك المواد بالنظائر المشعة وهى تنتج من عناصرها المستقرة ، فالعناصر المتحدة فى العدد الذرى Atomic number والمختلفة فى الوزن الذرى Atomic weight تسمى بالنظائر – فمثلا فى حالة نظائر الأكسجين نجد أن ذرة الأكسجين العادى عددها الذرى ٨ ووزنها الذرى ١٦ إذ تحتوى على ٨ بروتونات ، وهناك ذرة أكسجين أخرى تحتوى على بروتونات و٩ نيوترونات (أى الوزن الذرى = ١٧) وهذه لها كل الخصائص الكيميائية التى لذرة الأكسجين العادى وكذلك توجد ذرة أكسجين ثالثة وزنها الذرى

(١) Ibid p.314

١٨ . وكل العناصر وعددها يبلغ المائة وثلاث لها أكثر من ١٢٠٠ من النظائر ، ومن النظائر ، ماتبعث بإشعاعات ذرية كالراديوم وغيره من المواد المشعة وتسمى بالنظائر المشعة . كان **جوليو وأيرين كورى**[١] هما أول من حول العناصر الثابته إلى نظائرها المشعة ومن ثم أطلق على تلك الظاهرة النشاط الأشعاعى الصناعى Industerial radioactivity ومنذ هذا الأكتشافات وعدد النظائر المشعة يتزايد يوما بعد يوم حتى جاوز الألف بكثير . وتنتج النظائر المشعة فى الأفران الذرية بقذف نواة العنصر بسيل من النيوترونات المتولدة بالفرن الذرى . فيدخل أحد هذه النيوترونات إلى النواة ويستقر بها فيزيد وزنها الذرى مع الاحتفاظ بخواصها ، ووجود النيوترون بالنواة يجعلها فى حالة اضطراب ولاتهدأ إلا أذا بعثت بإشعاعات ذرية يمكن الاستفادة بها . كما أن إحدى هذه التحويلات هى أن يتحول العنصر إلى نظيره المشع ، فيتحول مثلا الكربون إلى كربون ١٤ المشع والفوسفور إلى « فوسفور – ٣٢ المشع » ، ثم يفقد كربون ١٤ أشعة بيتا متحولا إلى نيتروجين ، ويفقد فوسفور ٣٢ أشعة بيتا متحولا إلى كبريت . وهناك حالة أخرى من التحول عند القذف بسيل من النيوترونات وهى أن يتحول العنصر إلى عنصر آخر ولايتحول إلى نظير له كما فى حالة النيتروجين فيتحول النيتروجين إلى كربون ١٤ والكبريت إلى فوسفور ٣٢ ، ثم يفقد كربون ١٤ ، فوسفور ٣٢ إشعاعاتهما على النحو السابق .

الصعوبات تصادف نموذج رذرفورد للذرة :

ظهرت النواة كوحدة أدق فى تركيب المادة عندما استخدم رذرفورد وصحبه جسيمات ألفا صوب غشاء رقيق جدا من الذهب كما سبق أن ذكرنا ، ولما أراد رذرفورد استكمال الصورة التى تخيلها للذرة ، فحاول ترتيب الألكترونات حول النواة . وبدا الأمر سهلا واضحا فى البداية ، فالالكترون سالب الشحنة والنواة موجبة ، فلابد إذن من وجود قوة جذب كهربى تعمل بينهما على غرار قوة الجذب التثاقلية التى تعمل بين الشمس والكواكب . وهكذا نجد شبها كبيرا بين الشمس وكواكبها وبين النواة وإلكتروناتها ، فطبيعة القوى التى تعمل فى المجموعتين واحدة . وعلى ذلك فيجب أن تكون المجموعتان متشابهتين فى السلوك . ويجب أن نجد فى الذرة مجموعة شمسية دقيقة تدور فيها الكواكب (الالكترونات) حول شمسها النواة ، بالكيفية نفسها تماما التى تدور بها الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس .

ولكن الشبه بين المجموعة الشمسية والذرة ليس كاملا . فإلكترونات المجموعة الذرية

(١) Curie, Eve, Madame Curie. Doubleday 1937

فى هذا الكتاب تقص إبنة مدام كورى مكتشفة الراديوم تاريخ النشاط الاشعاعى .

تحمل شحنات كهربية ولقد بين **ماكسويل** أن الشحنات الكهربية المتحركة بعجلة تشع موجات كهرومغنطيسية . وهذه الموجات تحمل طاقة ، وطبقا لقانون بقاء الطاقة ، يجب أن يسبب إشعاع الموجات الكهرومغنطيسية نقصا فى طاقة الحركة للالكترون . ولما كان اتساع المدار يتوقف على طاقة الحركة للكوكب ، فيزداد بازديادها ، ويقل بانخفاضها ، فاننا نتوقع أن يكون مدار الالكترون فى الذرة مختلفا عن مدار الكوكب حول الشمس . فهذا الأخير ثابت ما لم يصطدم الكوكب بجرم سماوى يزيحه عن ميساره ، أما المدار الالكترونى فيجب أن يتناقص تدريجيا[1]، نتيجة للاشعاع الصادر عن الالكترون المتحرك ، ويكون هذا المدار أشبه بحلزون ينتهى فى نهاية الأمر إلى النواة . وطبقا لهذه الصورة نتوقع أن تبعث الذرة بموجات كهرومغنطيسية بجميع الترددات الممكنة ، وألا تختلف إشعاعات ذرة عن الأخرى . وأن لكل ذرة اشعاعاتها (أضواءها) ذات الترددات المميزة لها . وعلى ذلك فهذه الصورة لاتمثل الواقع اطلاقا إذ أنها لاتحدد ترددات معينة لكل ذرة كما أنها تحتم انبعاث الضوء (الموجات الكهرومغنطيسية **Electromagnetic waves** من الذرات طالما كان هناك إلكترونات تدور حولها ، وهذا لانراه فى الواقع فلاينبعث الضوء من المادة غازية كانت أو صلبة الا عندما تزود بالطاقة ، بأن تسخر مثلا إلى درجة حرارة عالية ، أو يمرر فيها تفريغ كهربى **Gas discharge** . يؤدى هذا النموذج إلى انهيار الذرة فى نهاية الأمر ، إذ يدور الألكترون فى مساره الحلزونى وينتهى به المطاف إلى النواة فيسقط فيها وبذلك تنهار الذرة .ولاسبيل إلى ارجاعها إلى ماكانت عليه .

كان هذا هو الموقف حتى عام ١٩١٣ ، حقيقة أننا توصلنا إلى نموذج ذرى مقبول شكلا ، ولكن ما الذى يجعل الذرة مستقرة لاتبعث باشعاعاتها طالما كانت بعيدة عن الاستثاره (تزويدها بالطاقة) وما الذى يجعلها تبعث بالترددات نفسها كلما استثيرت مهما تكن الطريقة التى تستثار بها ؟ وما الذى يحفظ للذرة كيانها ويرشد الالكترونات إلى مداراتها السابقة بعد كل عملية تدخل فيها الذرة ؟ فذرة الايدروجين تحتفظ بكيانها بعد خروجها من جزىء الماء ، أى لايؤثر اتحادها مع الأكسيجين أو التحلل منه على شكلها وسلوكها ، وكذلك إذا استثيرت لتبعث بضوئها المميز فإنها تعود بعد ذلك إلى ما كانت عليه وهذا مخالف للحركة المدارية ، فإذا أزيح الكوكب من مداره إلى مدار آخر ظلّ فى هذه المدار الجديد إلى أن يتعرض لواقعة جديدة تغير مداره إلى مدار آخر مختلف عن مداريه

---

(١) بتطبيق نموذج رذرفورد على حركة الالكترون ، فان مداره يصغر تدريجيا حتى يلتصق بالنواة وتتلاشى الشحنة الكهربائية فى الذرة وهذا خلاف الواقع . ولايمكن تفسير الحالة التى توجد عليها الذرة إلا بفرض أنه يمكن للالكترون أن يدور فى مدار معين دون أن يفقد جزءا من طاقته
راجع د. اسماعيل بسيونى هزاع « قصة الذرة » المكتبة الثقافية ١٩٦٢ ص ٧٨

السابقين . لابد إذن من البحث عن نموذج جديد يفسر الحقائق المشاهدة ويجيب عن هذه الأسئلة .

أن الباحث فى طبيعة المادة وتركيب الذرة يحاول تلمس الأدلة فى كل النتائج التى يتوصل غيره من العلماء فى كل مكان . وكلما تجمع لديه عدد من الأدلة المقرونة بالنتائج خلا إلى نفسه يضع الواحد منها إلى جانب الآخر محاولا أن يستشف منها نظرية تؤدى إلى الحقيقة كاملة . وفى أغلب الأحيان لايصل إلى تلك الحقيقة من أول مرة ، بل يظهر له عدد من الاحتمالات فيسعى ثانية إلى جمع الأدلة التى ترجح أحد الاحتمالات . ويظل يفكر فى النظرية المعقولة ، ويضع الخطط للحصول على الأدلة القاطعة إلى أن يصل فى النهاية إلى الحقيقة كاملة أو شبه كاملة . مالم تكن هناك قوى خفيه تعمل على تضليله بمهارة وحذق . وينطبق ذلك تماما على رجال العلم فى بحثهم لمعرفة سر تركيب المادة . فجمعوا الأدلة الواحد تلو الآخر ، وتبين لهم أن الذرة تركيب معقد لابسيط ، يحتوى الإلكترونات وجزءا ثقيلا موجب الشحنة . ثم جاءهم الدليل على أن هذا الجزء الثقيل يكون مركز الذرة وتحيط به الالكترونات فعكفوا على وضع نظرية لتركيب الذرة أقاموا أسسها على معلوماتهم السابقة ، فلاحت لهم فكرة المجموعة الشمسية الذرية . ولكن ظهرت أمامهم صعوبات جديدة ، إذ أن طبيعة الالكترونات كما عرفوها تجعلها تشع فى أثناء دورانها ، فتضيق مداراتها وينهار التركيب الذى تصوروه .

وهنا نجدهم ينطلقون مرة أخرى يبحثون عن أدلة أخرى يبحثون عن دليل يمكنهم به التوفيق بين الصورة التى تخيلوها والحقائق المعروفة . فطبقا للميكانيكا الكلاسيكية التى أصبحت فى ذلك الوقت أساس جميع الحركات المعروفة يجب أن تسير الالكترونات فى مدارات حول النواة ، فهل يوجد شيء ما لايعرفه يمنع صدور الإشعاع عن الالكترون المتحرك ويجعل هذا الالكترون يسير فى مدار ثابت ؟

مولد نظرية الكوانم : Birth of quantum theory

إن موضوع إنبعاث الاشعاع Emission of radiation من الجوامد الساخنة هو الذى أدى إلى مولد ونمو نظرية الكوانم . كانت النظريات القديمة عن الاشعاع Radiation من الجوامد الساخنة تستند على الفرض بأن الذرات والجزيئات تتذبذب Oscillate فى الجوامد فى نطاق متصل فتنبعث فيها أمواج ضوئية مثلما تنبعث الأمواج الصوتية من عدد ضخم من الأوتار المتذبذبة المختلفة الأنغام . من المعلومات العامة المعروفة قبل ذلك لجميع الفيزيائيين . أن الأجسام المعدنية كالأسلاك عندما تسخن تتوهج وتبعث إشعاعا أحمر ثم

إذا ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك فان لون السلك يتغير إلى اللون البرتقالى ثم إلى اللون الأصفر ثم إلى الأبيض – وقد بذلت محاولات عديدة لتفسير هذه الظاهرة الا أنها باءت جميعا بالفشل ، وقد حاول العلماء استنباط قانون يبين العلاقة بين الطاقة المشعة من الجسم الساخن ومن طول الموجة ودرجة الحرارة وقد فشلت أيضا جميع المحاولات(١).

يقول لنا العلم الطبيعى أن القائمة المعروفة للأشعة الضوئية ، الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجى .. يمكن تحديدها إلى أرقام كمية ، فكل هذه الأشعة عبارة عن موجات تختلف فى أطوالها وذبذباتها . كل لون له موجة طولها كذا وذبذبتها كذا . وكذلك كل صنوف الإشعاع . الأشعة السينية . أشعة الراديوم .. الأشعة الكونية .. كلها أمواج يمكن أن تقاس .

فى عام ١٩٠٠ بدأ « **ماكس بلانك** » **Max Plank** من تلك الحقيقة البسيطة المعروفة – احمرار القضيب المعدنى ثم تحوله إلى اللون البرتقالى فالأصفر فالأبيض المتوهج ، إذن هناك علاقة رياضية بين الطاقة التى يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التى تنبعث منه .

افترض بلانك فى بادىء الأمر أن الذرات أو الجزيئات المعدنية لاتشع إشعاعا متصلا ، بل تشع اشعاعا متقطعا(٢) يخرج فى نبضات منفصلة ، ثم يمكننا بعد ذلك رياضيا أن نسمح لحجم هذه النبضات المنفصلة أن يصغر شيئا فشيئا حتى تلتئم ويبدو تدفق الطاقة مستمراً . والوضع هنا مماثل لعين الانسان التى لاتستطيع تسجيل الظواهر التى تراها بصورة منفصلة إذا ما كانت تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة كبيرة ، فالسينما تعتمد على الديمومة **Duration** لدى عين الانسان فتبدو الحركة على الشاشة بالنسبة للمشاهد كأنها مستمرة .

وهذا ما ينطبق على الضوء ، فنبضات الطاقة المنبعثة من مصدر الضوء تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة تفوق كثيرا سرعة تتابع الصورة فى الفيلم السينمائى ولهذا السبب فإن ردود أفعال العين لكل نبضة تتوحد فى الإنطباع الضوئى المستمر . كانت نتيجة هذه

---

(١) Darrow k.k., **Introduction to contemporaryphysics** New York, D.Van Nostrond Co., 1926 p.121

وأيضاً & Eddington, sir arthur, **The nature of the physical World.**

(٢) Hoffman, B., **The strange story of the quantum.** New York, harper Brothrs 1947 p.17

العملية الرياضية مذهلة ، فقد وجد بلانك أنه إذا أجرينا الحسابات إلى نهايتها بالكيفية المذكورة فلن تكون النتيجة أفضل حظا من نتائج النظريات السابقة . إلا أنه لاحظ فى حالة استبقاء فكرة النبضات الإشعاعية المتقطعة وبافتراض أن لكل منها مقداراً من الطاقة يتناسب مع تردد الأشعاع ، فالنتيجة التى يتوصل إليها تكون سليمة وتتفق تماما مع التجريب .

استخلص من ذلك أن الذرات لاتشع اشعاعا متصلا – بل يحدث الأشعاع فى دفقات أو نبضات لكل منها طاقة محددة وقد أطلق بلانك على نبضة الطاقة المتقطعة لفظة كوانم Quantum وجمعها Quanta أو كمات . وهو اصطلاح يقصد به كمية محدودة من أى شيء وفى العادة أى شيء لايقبل التجزئة . وعلى هذا الاعتبار فشحنة الالكترون تمثل كوانم من الكهرباء .

استطاع بلانك التوصل إلى إيجاد العلاقة الحسابية بين الطاقة التى يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التى تنبعث منه – فوجد أن الطاقة المشعة مقسومة على الذبذبة تساوى دائما كم ثابت ، هذا الكم الثابت أسماه ثابت بلانك[1] والمعادلة هى الطاقة = هـ × ن وقد افترض أن الطاقة المشعة تنبعث فى كميات متتابعة فى دفعات أو حزم أو نبضات أو جسيمات من الطاقة أطلق عليها « فوتونات » Photons حيث هـ مقدار ثابت (Constant) و ن هى ذبذبة الاشعاع وقد وجد أن ثابت بلانك مقدار صغير جدا يبلغ نحو ٠,٦٥٥ – ٢٦ . ارج/ ثانية واتضح فيما بعد أنه أهم المقادير الأساسية فى الكون – ففى أى عملية إشعاع نجد أن مقدار الطاقة المنبعثة مقسوماً على الذبذبة يعطينا مقدارا ثابتاً هو ثابت بلانك وهذا الثابت لايمكن تفسير مقداره ، كما لم يمكن تفسير سرعة الضوء – فهو كغيره من الثوابت الكونية عبارة عن حقيقة حقيقية رياضية لايمكن تفسيرها ،

لم يفت بلانك أن يشرح لنا أن أشعة الشمس نفسها كمثل أى أشعة أخرى صادرة من مصدر مشع من دفعات من الطاقة صغيرة وأن السبب فى أن الضوء والحرارة يظهران لنا كما لو كانا سيلا مستمرا ، السبب صغر هذه الكميات من الطاقة بحيث أن احساسنا لايستطيع إدراكها وأن هذه الكميات الصغيرة من الطاقة ليست مُتساوية ولكنها تختلف بإختلاف

(١) الثابت Constant يقاس بالارج Erg ، والأرج هو وحدة الطاقة وتعريفه هو الشغل المبذول لتحريك كتلة مقدارها ملليجرام من المادة مسافة قدرها ١ سم ضد الجاذبية الأرضية . يعتبر هوفمان ثابت بلانك رَمْز فخار لعلم الطبيعة المعاصر .

راجع Ibid p.21

طول الموجة المشعة فكميات الطاقة المنبعثة من الضوء الأحمر أصغر من المنبعثة من الضوء الأزرق أو البنفسجى والكميات المنبعثة من الضوء الأزرق أصغر من المنبعثة من الأشعة السينية (X-rays) وكان قد تبين لبلانك أن الجسم الأسود مثالى فى امتصاص وإشعاع الطاقة ... **Ideal in absorption and radiation of energy** وان كان لايشع الطاقة بصورة واحدة لجميع الموجات الممتصة ، فافترض بلانك أن الجسم الأسود يتكون من جسيمات متذبذبة وأن لكل جسيم متذبذب كماً من الطاقة يتوقف على درجة تذبذب الجسيم المشع .

كان من الطبيعى أن يقبل رأى بلانك عن الكوانتم بحذر وتحفظ ، فقد كانت نتائجه ثورية ، فهو ينادى بأن الضوء يتشعع فى مقادير متقطعة ، مما يحمل على القول بأن الضوء ينتقل خلال الفضاء فى كمات متقطعة[1]. ويتبع ذلك ، أن الضوء وفقا لمبدأ الكوانتم ، ليس تدفقا مستمرا من الطاقة بل أن له تركيبا جسيميا فكأننا قد جعلنا للضوء طابعا جسيميا ، ولو أن هذه الجسيمات لاتملك كتلة فيما يظهر وكأننا قد وضعنا الأمواج الكهرومغناطيسية فى فصيلة خاصة . إذ ليس ثمة دليل على أن الأنواع المألوفة من الأمواج Waves كالأمواج الصوتية والأمواج المائية ، تمتلك هذه الخاصية الجسيمية . إفوتر البيانو يرسل أمواجا مستمرة غير متقطعة ، طالما كان يتذبذب ، وتؤلف هذه الأمواج قطارا متصلا خلال سيرها فى الهواء ، أما كوانتم الضوء فتؤلف قطارا محدودا من الذبذبات . والواقع يحق لنا أن نختار فى المعنى المقصود بكلمة « موجة » ضوئية إذا كانت مؤلفة من نبضة غير متصلة من الأمواج .

ومن ثم بين بلانك خطأ النظرية التى كانت سائدة منذ أيام هيجنز ، والقائلة بأن الاشعاع إنما هو موجات فى الأيثير وأظهر عجز هذه النظرية عن تفسير كيفية انتشار الاشعاع كما أنها أصبحت عاجزة عن تفسير الخصائص الأساسية للاشعاع ذاته وأصر بلانك على أن الاشعاع إنما هو من طبيعة جسيمية لا موجية شارحا أن جسيمات الشعاع تنتقل عبر الخلاء فى خطوط مستقيمة . وعند إمراره إشعاعا فى غاز ما — فان عددا قليلا من جزيئات هذا الغاز تتأين (تتبعثر) بينما لايتأثر عدد كبير من الجزيئات بمزور الإشعاع فإذا كان الإشعاع مؤلفا من موجات تسير عبر الأيثير لتأينت (لتبعثرت) كل جزيئات الغاز ، ولذا كان تأييد بلانك لنظرية نيوتن الجسيمية فى الضوء وإن كان هذا التأييد

(١) Jordan, p., **physics of the 20 th century.** philosophical library 1944 p.104

يعالج الباب الرابع طبيعة نظرية الكوانتم .

لايعنى أن بلانك متفق مع نيوتن تمام الإتفاق فى نظريته الميكانيكية - فنظرية بلانك ثورة على كثير من تصورات نيوتن فقوانين نيوتن عن الحركة صالحة للاستخدام فى مجال الحياة العادية ، ولكنها لاتصلح لمجال الجسيمات النووية كما لاتصلح لدراسة حركة الكواكب والنجوم الفلكية .

هناك ناحية أخرى فى فرض بلانك ، فالنظرية تقضى بأن الذرة لاتستطيع أن تشع أى كمية تصلها من الطاقة ، بل عليها أن تنتظر حتى تتكامل لديها كمية معينة فتشعها ولاتشع سواها . ولذا فان فرض بلانك من شأنه أن يوحى بأن مكونات الذرة مقيدة فى تحركاتها بقواعد كمية[1]، إذ أن تغيرات الطاقة المسموح بها هى التغيرات المتقطعة المنفصلة فحسب .

ويفسر أينشتين هذه الالكترونات بأن الضوء لايسقط على اللوح المعدنى فى سيال متصل وإنما فى دفعات من الطاقة .. « فوتونات » وتصطدم هذه الفوتونات بالالكترونات فى اللوح المعدنى كما تصطدم العصا بكرات البلياردو فتطلقها حرة .

ولذا قرر أينشتين أن هذه الظواهر لايمكن تفسيرها الا بافتراض أن الضوء مكون من حزم ضوئية منفصلة عبارة عن جسيمات (حبيبات) من الطاقة أسماها « فوتونات » Photons .

«All light is compsed of individual particles or grains of energy Which called photons»

وأن فوتونات الأشعة البنفسيجية والأشعة فوق البنفسجية بل وكل الموجات عالية التردد تختزن طاقة أكبر مما تختزنه فوتونات الأشعة الحمراء أو دون الحمراء .

استطاع أينشتين أن يربط هذه العلاقات فى سلسلة من المعادلات الرياضية والتى سميت بمعادلات اينشتين فى ظاهرة الأنبعاث الكهروضوئى.بهذه المبادىء الجديدة التى أوجدها اينشتين نتجت مشكلة من أعمق المشاكل الفيزيائية - أن المادة مكونة من ذرات - كل ذرة مكونة من جسيمات صغيرة جدا عرفت بالالكترونات والنيوترونات والبروتونات - ولكن افتراض اينشتين أن الضوء مكون من جسيمات أو فوتونات منفصلة لا فى أمواج متصلة هذا الأفتراض اصطدم مع نظرية ظلت زمنا طويلا سائدة هى النظرية الموجية للضوء . حقيقة أن كثير من الظواهر الضوئية لايمكن تفسيرها إلا على أساس النظرية

(١) Eddington, sir, Arthur, The nature of the physical world 1933
الفصل التاسع عرض جذاب لنشوء نظرية الكوانم .

الموجية للضوء فمثلا يتكون ظل واضح محدد للأجسام العادية كالمبانى والأشجار والأعمدة أما إذا وضع سلك رفيع مابين مصدر ضوء وحاجز فإنه لايتكون ظل واضح إطلاقاً مما يدعو إلى التفكير فى أن الموجات الضوئية قد انعطفت حول السلك كما تنعطف موجات المياه حول صخرة . فالضوء حتى ذلك الحين كانت طبيعته موجية .. فكيف يصبح شأنه شأن المادة مؤلف من ذرات .. أو جسيمات أو فوتونات وكيف نفرق بين المعادلات التى تحسب الضوء على أساس أن طبيعته موجية متصلة وبين المعادلات التى تحسب الضوء على أساس أن طبيعته جسيمية متقطعة – أم أن للضوء طبيعة مزدوجة .. وكيف ؟؟ وبالمثل فإنه عندما تمر حزمة Beam من الأشعة الضوئية خلال فتحه ينتج عنها على الحاجز دائرة مضيئة محددة – ولكن إذا صغر اتساع الفتحه إلى ثقب دقيق فإنه ينتج عنها على الحاجز دوائر متبادلة من الضوء والظل وتسمى هذه الظاهرة بالحيود أو حيود الضوء . Diffraction of light وإذا أمررنا الضوء خلال ثقبين لاثقب واحد وكان الثقبان متجاورين ومتقاربين فإن نموذج الحيود يكون عبارة عن خطوط متوازية تماما كما ينتج من تقابل موجتين من موجات المياة فوق سطح حوض سباحة ، فإنه عندما تتقابل قمة موجة مع قمة أخرى فإنهما يقويان بعضهما البعض وعندما تتقابل قمة مع قاع فإنهما يتلاشيان . وبالمثل فى حالة مرور الضوء خلال الثقبين المتجاورين تنتج الخطوط البيضاء من أثر تقابل موجتى الضوء – وتنتج الخطوط السوداء عندما تتداخل الموجتان وهذه الظواهر الخاصة بالحيود والتداخل ، Diffraction & Interfernce إنما هى من مميزات الموجات ولايمكن أن تحدث إذا كان الضوء مكونا من جسيمات ، إذ أن التجارب والنظريات التى أجريت فى القرنين الماضيين تؤكد أن الضوء يجب أن يكون موجياً – ومع ذلك فإن قانون أينشتين الخاص بظاهرة الأثر الكهروضوئى يبين أن الضوء يجب أن يتكون من فوتونات وهذه الثنائية Duality الخاصة بالضوء هل هو موجى أم مادى – ماهى إلا مظهر من مظاهر ازدواج أعمق وأشمل يعم الكون الفسيح . ماذا تكون هذه الفوتونات ، هل هى كرات من الطاقة لها حيز .. ولها أوضاع فى المكان .. شأنها فى ذلك شأن ذرات المادة وجسيماتها ولماذا يحيد الضوء حينما يدخل من ثقب ضيق . ولماذا يتداخل الضوء حول شعرة رفيعة فلا يبدو لها ظل .. ولو كان مبدأ بلانك لايمكن تطبيقه فى ميادين أخرى غير ميدان الاشعاع من الجوامد الساخنة لما كان جديرا بالأضواء التى سلطت عليه ، فقد انقلب الحذر المقرون بالاهتمام الذى استقبل به بعض الفيزيائيين نظرية الكوانتم ، انقلب إلى إيمان بها أخذ ينتشر بسرعة فى السنوات التى تلت ظهور الدعوة إليها . لاسيما تطبيق أينشتين لمبدأ الكوانتم فى نظرية ظاهرة الأنبعاث الكهروضوئى Photoelectric عام ١٩٠٥ وظهور نموذج بور الكمى للذرة عام ١٩١٣

١ – ظاهرة الأنبعاث الكهروضوئى : The photoelectric effect

أعجب أينشتين بنظرية بلانك وقدر أهميتها – وكان هو الوحيد الذى نقل نظرية الكوانتم إلى ميدان جديد للتطبيق[1] عام ١٩٠٥ فى حين أن بلانك لم يفعل شيئا سوى وضع بضعة معادلات رياضية عن الإشعاع . ولكن أينشتين قد أثبت بالقوانين أن جميع أنواع الاشعاعات كالضوء والحرارة السينية تنتشر فى الفضاء بكميات متقطعة حقا ، ومن ذلك كان الإحساس بالدفء الذى تشعر به عند جلوسنا بجوار مدفأة وهذا الاحساس من تساقط كميات الضوء على أعصابنا الحساسة للضوء وتختلف هذه الكميات باختلاف التذبذب الذى تبينه معادلة بلانك .

وقد برهن أينشتين على صحة هذه الفكرة باستنباط قانون دقيق يعرف باسم ظاهرة الأنبعاث الكهروضوئى The Photoelectric effect فقد احتار علماء الفيزياء فى تفسير الحقيقة القائلة بأنه إذا سقط شعاع الموجات بالنفسيجية على لوح معدنى فإنه ينطلق منه عدد من الالكترونات أما إذا سقط شعاع من الضوء تردده أقل من تردد البنفسجى مثل الأصفر أو الأحمر فإن الإلكترونات تنطلق أيضا ولكن بسرعة أقل . ويتوقف إنبعاث الالكترونات من المعدن على لون الضوء الساقط عليه لاعلى شدة الضوء .

يقول اينشتين : من الظواهر المعروفة فى المعمل أنك إذا أسقطت شعاعاً من الضوء على لوح معدنى فإن عدداً من الإلكترونات ينطلق من اللوح .. ولاتتأثر سرعة إنطلاق هذه الإلكترونات بشدة الضوء فمهما خفت الضوء ومهما ابتعد مصدره فالإلكترونات تنطلق بسرعة ثابته . ولكن بعدد أقل .. وإنما تزداد هذه السرعة كلما كانت الموجة الضوئية الساقطة عالية الذبذبة . ولهذا تزيد فى الأشعة البنفسجية وتقل فى الحمراء .

وفى عام ١٩١٣ أعلن العالم الدانمركى « نيلزبور » فكرته عن تركيب الذرة – ووضع لذرة الأيدروجين مستعينا بافتراضات وأفكار العالمين رذرفورد وبلانك وقد نجح فى وضع علاقة رياضية للطيف المنبعث منه

---

(١) خلافا للظن السائد – فقد منح اينشتين جائزة نوبل عام ١٩٢١ على نظريته فى ظاهرة الأنبعاث الكهروضوئى ١٩٠٥ لا على بحثه فى النسبية – إن رجالاً قلائل لهم العبقرية مايتيح لهم أن يضيفوا إلى العلم إضافات اساسية فى موضوعات مختلفة يكاد لايربطها ببعضها البعض أى اتصال ومع ذلك ففى حالات متعددة كانت أبحاث أينشتين جديرة بجائزة نوبل .

راجع Millikan, R.A., Electron + and – chicago univ. of chicago Press. 1947

الفصل العاشر يبحث فى نظرية الانبعاث الكهروضوئى لاينشتين .

تصور[1] « نيلزبور » لتركيب الذرة عام ١٩١٣ Bohr Theory of atom conception

قام « بور » عام ١٩١٣ بزيارة لمعمل رذرفورد وهناك أمعن النظر فى الصعاب والأعتراضات التى واجهت تصور نموذج رذرفورد - وخرج من ذلك بتصور لذرة الأيدروجين وكان ماتصوره نيلزبور كنموذج جديد فتح الطريق إلى مفاهيم حديثة وميادين جديدة فى مجال الفيزياء الذرية المعاصرة ومن أجل هذا منح « بور » جائزة نوبل عام ١٩٢٢ ويمكن تلخيص تصور نيلزبور الذرة كالآتى :

١ - النواة موجبة الشحنة وتوجد بمركز الذرة .

٢ - تتحرك الالكترونات السالبة حول النواة فى مدارات محددة تعرف باسم « مستويات الطاقة » Level energy وأن الالكترون لايصدر إشعاعا طالما كان يتحرك فى مستوى الطاقة به .

٣ - عدد الالكترونات حول النواة يساوى عدد الشحنات الموجبة التى تحملها النواة .

٤ - عندما يقفز الكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل فإنه يصدر إشعاعا له كم طاقة (كوانتم)

٥ - ميكانيكا نيوتن قابلة للتطبيق فى مجال الذرة .

٦ - كمية التحرك الزاوية للالكترونات التى تدور حول النواة تساوى مقدار معين أو مضاعفاته .

ومن هنا يتضح أن فروض بور مزيج من الأفكار فى الفيزياء الكلاسيكية وبعض أفكار فيزياء انتقال الطاقة (فيزياء الكوانتم) . لم تنجح نظريته فى تفسير أطياف العناصر الأخرى الأكثر تعقيدا من ذرة الأيدروجين .

خاصية « جسيمات » الضوء « وموجات » الجسيمات

Quality of waves and particles

استرعى انتباه دى بروى L. DE Beoglie عام ١٩٢٤ أن الضوء يتصف بالموجية

(١) التصور نظام يتخيله الذهن قائما ، وبه يمكن تفسير جملة من حقائق وقوانين ، يجمع بين أشتاتها فى سق واحد ومنه الفرض العلمى ومنه النظرية ومن أمثلة ذلك تصورى ردرفورد وبور

والجسيمية فهو يتخذ سلوك الموجات فى التداخل والحيود والظواهر الموجية الأخرى ، ويتخذ سلوك الجسيمات فى الظاهرة الكهروضوئية وانبعاث الالكترونات . كما استرعى انتباهه تماثل آخر بين الضوء وحركة الأجسام يرجع تاريخه إلى القرن السابع عشر ، وهو أن الموجات والجسيمات تتبع أقصر الطرق فى مسيرها مهما تكن الأوساط التى تتحرك فيها .

فخطر له أنه إذا كانت الطبيعة تحب التماثل ، فيجب أن تكون الطاقة والمادة متماثلتين ، فإذا اتصفت الطاقة الاشعاعية بالموجية وجب أن تتصف المادة أيضا بالموجية .

بدأ دى بروى بدراسة تداخل الضوء على أساس أنه فوتونات ووجد أنه يمكن تفسير ظاهرة التداخل وهى خاصية موجية صرفة على أساس أن الفوتونات تصحبها موجات ، والفرق بين وجهة النظر هذه ووجهة النظر الكلاسيكية هو أن الطاقة فى الموجات الكلاسيكية منتشرة على الموجات وتتقدم فى سيل متصل ، ولكنها فى هذه الحالة مركزة فى الفوتونات حيث ينعدم الاتصال . وهنا ترآى « لدى بروى » ، أنه لما كان الجسيم المتحرك يحمل طاقة ، مثله فى ذلك مثل الفوتون ، وأن الطاقة المصاحبة لسيل من الجسيمات المتحركة تتصف بعدم الاتصال ، فلماذا إذن لايصحب الجسيم المتحرك موجة كالموجات المصاحبة للفوتونات ؟

وواصل « دى بروى » مقارنته بين الجسيمات المتحركة والفوتونات ، وحدد طول الموجة المصاحبة للجسيم المتحرك ومادام الأمر كذلك ، فيجب إذن أن تظهر الجسيمات الصفات المميزة للموجات . فيجب مثلا أن نرى نموذج حيود عندما يعترض طريق حزمة من الالكترونات عائق ، كالنموذج التى تكونه الحزمة الضوئية بمرورها فى محزوز الحيود . وهذا هو الحادث فعلا ، أثبتت تجربة Experiment **دافيسون وجرمر Davisson & Germer** فى أمريكا عام ١٩٢٧ أن الحزمة الالكترونية تحيد بسقوطها على بلورة النيكل . كما حصل ج.ب طومسون على صورة فوتوغرافية لنموذج حيود الالكترونات المتكون بمرورها فى غشاء رقيق من الذهب . وربما نتساءل عن السبب فى استخدام بلورة النيكل أو غشاء الذهب كمحزوز حيود فى هذه الحالة . ولعل السبب فى ذلك يصبح واضحا إذا تذكرنا أن الحيود يظهر عندما تكون أبعاد الفتحات أو العوائق قريبة من الطول الموجى . وطول الموجة الالكترونية قصير جداً بالنسبة لطول الموجات الضوئية ، وعلى ذلك يجب أن تكون أبعاد الفتحات صغيرة جدا فيستعان بالترتيب الهندسى للذرات فى البلورة أو الغشاء للعمل كمحزوز حيود حيث تعمل المسافات التى تصل بين الذرات كفتحات يحدث عندها الحيود

وهكذا ثبت بما لايدع مجالا للشك أن الالكترونات وكذلك البروتونات أو أى جسيم آخر يتصف بالموجية ، ولقد حفز هذا التشابه بين الحزمة الضوئية والحزمة الالكترونية ، على دراسة البصريات الالكترونية وتصميم العدسات التى تجمع الحزمة الالكترونية وتفرقها ، وتكون صورا للأشياء المضاءة بالكترونات ، وظهرت نتيجة هذه الدراسات فى بناء الميكروسكوب الإلكترونى Electronic microscope الذى يعطى تكبيرا يفوق كثيرا التكبير الذى يعطيه الميكروسكوب الضوئى Light Microscope الذى أمكن بوساطته رؤية الفيروسات والبكتريا والجزيئات العضوية وغير العضوية المتناهية فى الصغر وهكذا تم التماثل بين الطاقة والمادة فكلاهما يتصف بالخاصية الموجية الجسيمية ...

فللضوء خواص الجسيمات ، وللجسيمات الذرية خواص الموجات[1].

شرودنجر والميكانيكا الموجية Schrodinger & mechanic waves

حاول العالم الألمانى شرودنجر Schrodinger عام ١٩٢٦ تطبيق آراء دى بروى على الألكترونات داخل الذرة أملا فى أن يجد فى الخاصية الموجبة للجسيمات تفسيرا مقنعا للظواهر الذرية . ويجدر بنا قبل مناقشتنا لعمل شرودنجر ، أن ندرس خواص الموجات المحصورة فى حيز محدود . وحيث أن خواص الموجات متشابهة مهما يكن نوعها ، فسوف نأخذ مثلا الموجات الصوتية الصادرة عن وتر الكمان ، ونطبق ما نصل إليه على الموجات الإلكترونية فى الذرة . فنحن نعلم يقينا أن كل وتر من أوتار الكمان يعطى نغمة خاصة ، ولاتتغير هذه النغمة إلا بتغير الشد فى الوتر وذلك بإدارة المفتاح المتصل به فى ذراع الكمان ، أو بتغيير طوله . ويقابل تردد النغمة كيفية معينة لاهتزاز الوتر . ولايهتز الوتر المثبت عند طرفيه إهتزازا مستمراً إلا إذا كان الطول المحصور بين نقطتى التثبيت مساويا لنصف طول موجة أو مضاعفا صحيحا له . أى أن الترددات الصادرة عن وتر الكمان المثبت عند طرفيه لاتتخذ أية قيمة ولكنها تتخذ قيماً محددة هى مضاعفات صحيحة للتردد المقابل لطول موجى يساوى ضعف طول الوتر ، وتسمى النغمة الصادرة عن هذا التردد الأدنى بالنغمة الأساسية ، أما مضاعفاتها فتسمى النغمات الهرمونية . ويمكن لعازف الكمان الماهر أن يجعل الوتر يهتز بتردده الأساسى ، وبخليط من التردد الأساسى وبعض الترددات الهرمونية ، وهذا المزج بين النغمة الأساسية والنغمات الهرمونية هو الذى يضفى على النغمة الموسيقية حلاوتها وهو الذى يفرق بين النغمات الصادرة من الآلات الموسيقية فمن

(١) Dampier, sir william; **History of science**. the macmillan Co., 1946 pp.238-242

السهل علينا أن نفرق بين النغمة (دو) الصادرة عن البيانو وبين النغمة نفسها عندما تصدر عن الكمان . إذ تختلف نسبة المزج بين النغمات الهرمونية فى كل منهما . وهكذا نرى أن الموجة المحصورة فى حيز معين لايمكن أن يكون لها وجود إلا إذا كان اتساع الحيز مضاعفا صحيحا لنصف طول الموجة ، وينطبق ذلك على جميع الموجات والأجسام المهتزة[1].

لنعد الآن إلى الموجات الالكترونية فى الذرة ، فالإلكترون محصور داخل الذرة تحت تأثير قوة الجذب الكهربية بينه وبين النواة الموجبة الشحنة ، وهذه القوة ذاتها هى التى تحصر الموجات الالكترونية وعلى هذا الأساس حسب شرودنجر الكيفيات التى يمكن أن تكون عليها الموجات الالكترونية .

ووجد أنها لايمكنها أن تتخذ أية كيفية . ولكن الأطوال الموجية المسموح لها ، أطوال معينة فقط ، مثلها فى ذلك مثل الأطوال الموجية المسموح بها فى اهتزاز الوتر . ويقابل أكبر طول موجى مسموح أقل تردد ، ومن ثم يقابل أقل قيمة لطاقة الالكترون . وعندما تتخذ الموجة الالكترونية هذا الطول الموجى تكون الذرة فى أدنى حالات الطاقة ، أى تكون فى حالتها المستقرة وتسمى بالحالة الطبيعية للذرة . وإذا أمد الالكترون بالطاقة فانه لايقبل منها الا ماكان مساويا تماما لمقدار الطاقة التى تجعل موجته تتخذ طولا موجيا من الأطوال الموجية المسموح بها طبقا لخواص الموجات المحصورة . وعندما تتخذ الموجة الالكترونية طولا يقابل احدى الترددات الهرمونية تكون الذرة فى حالة طاقة أعلى من الحالة الطبيعية وتوصف حينئذ أنها فى حالة مستثاره .

وهكذا نجد أن الذرة تتخذ حالات كوانتم معينة ، جاءت كنتيجة مباشرة للخاصية الموجية للجسيمات ، إذ أن الموجات الجسيمية تستلزم وجود صفة الكوانتم وكل ما يمكن قوله أن الالكترون يتحرك فى الذرة بكيفية تجعل الموجة الالكترونية تتخذ أحد الأطوال الموجية المسموح بها .

تقدم شرودنجر بمجموعة من المعادلات الرياضية ليعلن نظرية اسمها الميكانيكا الموجية Mechanic waves . فى هذه النظرية أثبت شرودنجر بالتجربة أن حزمة من الالكترونات ساقطة على سطح بللورة معدنية تحيد بنفس الطريقة التى يحيد بها أمواج البحر التى تدخل من مضيق واستطاع أن يحسب طول موجة الالكترونات التى تحيد بهذه الطريقة[2].

(١) Heither, W., **Elementary wave Mechanics**, Oxford Univ. Press 1945 p.68

(٢) Eddington, sir Arthur, **The nature of the physical world**. The. Macmillan Co., 1933

يحوى الباب العاشر ما أسهم به كل من شرودنجر وهيزنبرج .

وأعقبت هذه المفاجأة - مفاجأة أخرى فقد أثبتت التجارب التى أجريت على حزم من الذرات ، ثم على حزم من الجزيئات أنها بإسقاطها على بللورة معدنية تتصرف بنفس الطريقة الموجية وأن طول موجاتها يمكن حسابه بمعادلات شرودنجر - وبهذا بدأ صرح النظريات المادية كله فى الإنهيار . وأن كل ماهنالك طاقة متموجة .

مبـــدأ اللايقـــين : Indeterminacy principle

هو المبدأ المعروف بمبدأ **فرنر هيزنبرج** Heisenberg أعلنه عام ١٩٢٧ يعرف أحيانا بمبدأ اللاتحديد أو بمبدأ اللايقين أو مبدأ اللاحتمية أو مبدأ الشك حيث درج المترجمون العرب على استخدام التعبير الأخير ، ونهج على منوالهم أغلب أساتذة الفيزياء والكيمياء الفيزيائية ، أما ترجمة المجمع اللغوى « مبدأ أن لايقين فى الطبيعة » وهو مبدأ نتج عن تحول معنى الحقيقة تبعا لما اكتشف فى علم الفيزياء فى هذا القرن مما أختلت به الموازين القديمة كل الأختلال - فقد اتضح أن كل المعرفة الطبيعية التى حصل عليها العلم ليست إلا معرفة إحصائية تختفى وراءها حقيقة الأشياء وحقيقة العالم بما فيه من علل ومعلولات . وأن هذا الكون المختفى من وراء ما نعلم من ظواهر ليست معروفة وغير قابلة لأن تعرف - بل هى أيضا غير قابلة للتصور .

أدلى هيزنبرج بهذا المبدأ فى صورة قانون طبيعى حيث تخيل تجربة وهمية ومضمون هذه التجربة بسيط يحاول فيها العالم ملاحظة موضع Position وسرعة Velocity الألكترون واتجاه حركته باستخدام مجهر عملاق للغاية يمكنه تكبير الالكترون إلى حجم يمكن رؤيته وأن الضوء المستخدم لاضاءة الالكترون يجب أن يكون طول موجته قريبا من أبعاد الالكترون وحين تتدخل الأجهزة لتسجل مايحدث للالكترون كما هو فى طبيعته ، إما أن نقيس وضعه فى المكان قياسا دقيقا ولكن حينئذ لانستطيع قياس سرعة حركته واتجاهها قياسا دقيقا .

وإما أن نقيس سرعته قياساً دقيقا ، ولكن ذلك القياس يعبث بالوصول إلى وضعه المكانى بالدقة المطلوبة . وصل هيزنبرج إلى أن تحديد موضع وسرعة الكترون فى لحظة واحدة مستحيل، فالفيزيائيون يحددون خواص الالكترون بدقة مناسبة بالأستنباط من خواص مجملة منها ، ولكنهم عندما يحاولون تحديد مكان الكترون معين فى الفضاء ، فخير مايقال فى هذه الحالة هو أن نقطة معينة من نقط تحركات موجات الالكترونات كمجموعة تمثل الوضع المحتمل للالكترون المعين - فالالكترون عبارة عن بقعة غير محددة شأنها فى ذلك شأن الريح أو الموجات الصوتية . وكلما قل عدد الالكترونات التى يلاحظها الفيزيائى كلما زادته مشاهداته حيرة وعدم تحديد .

يؤكد هيزنبرج استحالة وصف الالكترون وصفا دقيقا شارحا رأيه بأنه إذا اصطدم الكترونين أ ، ب يتألف منهما نقطة من السيل الكهربى Drop of electric fluid تلك التى تتفتت من جديد لتؤلف الكترونين جديدين جـ ، د لأن الالكترونين أ ، ب لم يعد لهما وجود على الأطلاق .

ترجع ظاهرة اللايقين عند هيزنبرج إلى الحاجز الذى يحجب الانسان عن معرفة الكون وطبيعته ولا يرجع إلى نقص فى العلم ولذلك فإنه اقترح فى تجربته الخيالية أن يكون « المجهر الدقيق » Electronic, M. ذو قوة تكبير تصل إلى مائة مليون مرة حتى تستطيع عين الانسان أن تدرك الالكترون[1]، وان كانت هناك صعوبات أخرى – ذلك لأن الإلكترون أصغر من موجة الضوء ولذلك يضطر الباحث إلى استخدام إشعاع طول موجته أصغر (أقصر) والأشعة السينية ولو أن موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادى إلا أنها عديمة الجدوى ولاتصلح لرؤية الالكترون – كما أنه إذا أمكن رؤيته بأشعة جاما فهى تؤثر على الالكترون .. من هنا وصل هيزنبرج إلى استحالة تحديد موضع وسرعة واتجاه الكترون فهو فى محاولته لتسجيل وضع الالكترون وسرعته لن يصل إلى أى نتيجة .. إذ فى اللحظة التى يسجل فيها مكانه تتغير سرعته .. وفى اللحظة التى يحاول فيها تسجيل سرعته يتغير مكانه .. لأن اطلاق الضوء عليه لرؤيته ينقله من مكانه ويغير سرعته .

وصل كذلك إلى نقطة هامة فى طبيعة المادة وهى أنها غير معروفة لنا – أننا لن نستطيع القول أن المادة تتألف من ذرات أو طاقات – نستطيع فقط أن نقول أننا نعرف المادة عن طريق الذرات أو الطاقة وهذا لايعنى أن المادة تتألف من هذه أو تلك . والتعامل مع الوحدات الأساسية للمادة الطبيعية مستحيل فحينما نصل إلى عالم التركيب النووى .. يستحيل علينا التحديد .

إن مفهوم هذا المبدأ أنه ليس باستطاعتنا أن نطلب من الباحث أن يكون دقيقا للغاية – إننا نعرف الشيء لأنه بالتقريب هو الشيء نفسه الذى عرفناه من قبل ، ولكنه لايمكن أبدا أن يكون نفس الشيء الذى كان تماما ، ، بل أنه قريب مما كان عليه لدرجة كبيرة – إن مبدأ هيزنبرج يقول بأنه لايمكن وصف أية أحداث ولا حتى الأحداث الذرية بيقين ، أى بدقة كاملة تامة ، والأمر الذى يجعل هذا المبدأ عظيم الأثر أن هيزنبرج يحدد درجة عدم

(١) Richard, F., **First principles of atomic Physics** copyright by **Harold** Brothers New York. 1950 p.431.

اليقين التى يمكن الوصول إليها . ولهذا السبب أدخلت فكرة الاحتمال الإحصائى[1] لوصف مايمكن أن نعرفه عن الإلكترون بكل الدقة الممكنة لأن القوانين الاحصائية تعبير عن سلوك مجاميع هائلة من بلايين بلايين الالكترونات أو الفوتونات .

إن العلم يتقدم بخطوات وخطوات وأصبح أنجح مشروع فى إرتقاء الانسان لأن هذا العلم هو تبادل المعلومات بين الانسان والطبيعة وبين الانسان والانسان – وكل أنواع المعرفة وكل المعلومات بين الناس لايمكن تبادلها إلا بشىء من عدم الدقة أو عدم اليقين – وهذا صحيح سواء أكان التبادل فى العلم أو فى الأدب أو فى الدين أو فى السياسة أو فى أى شكل من أشكال الفكر الانسانى .

كل مايمكن للعلم أن يدركه هو الكميات والكيفيات ولكن لاسبيل إلى ادراك الماهيات . فالحكم بفشل اليقين الدقيق للجسيمات المقيسة حتى فى التجربة الوهمية – هو فحوى مبدأ اللايقين عند هيزنبرج ومن الجدير بالذكر أن هذا المبدأ لايلعب أى دور ذو أهمية فى عملية ديناميكا الأجسام الكبيرة .

الضوء وفيزياء الكوانم
Light and Quantum physics

يلعب الضوء دورا أساسيا فى علم الفيزياء – وقد أفرد له الفيزيائيون مكانا فريدا والسبب طبيعة الضوء المتسامية والتى تحيرهم خاصة السرعة التى ينتشر بها فى الفضاء . ولعل المكان الفريد الذى يشغله الضوء فى مجال المعرفة يرجع إلى كونه ضرورة احدى حواسنا الخمس .

ظاهرتان فيزئيتان تتخصص إثنان من حواس الإنسان فى إدراكهما الضوء والصوت Optic & Sound والأخير لاتتعادل أهميته من وجهة نظر الفيزيائى مع الضوء – فالظواهر الضوئية ليست إلا جزءاً يسيراً من فصيلة أكثرا اتساعا هى ظواهر الاشعاع ، هناك فى الواقع إشعاعات لاحصر لها ليست الاشعاعات الضوئية إلا جزءا يسيرا منها . أمكن للعلماء تصنيف هذه الاشعاعات تبعا لصغر طول موجتها على النحو التالى :

---

(١) من خصائص العلم أن كل أحكامه احصائية وتقريبية لأنه لايجرى تجارب على حالات مفردة ، لايمسك ذرة مفردة ليجرى عليها تجاربه ، ولايقبض على الكترون واحد ليلاحظه ، ولايمسك فوتونا واحدا ليفحصه ، وإنما يجرى تجاربه على مجموعات .. على شعاع ضوء يحتوى بلايين الفوتونات .. أو جرام من مادة يحتوى بلايين الذرات ، وتكون النتيجة أن الحسابات كلها إحصائية تقوم على الاحتمالات وعلى الصواب التقريبى

١ – الاشعاعات الكهرومغنطيسية : Electromagnetic radiation وهى التى تستخدم فى الارسال اللاسلكى

٢ – الاشعاعات دون الحمراء : Infra - red radiation

٣ – الضوء بالمعنى المعتاد للكلمة : Light rays

٤ – الاشعاعات فوق البنفسجية : Ultra violet radiation

٥ – الأشعة السينية أو أشعة اكس : X - rays

٦ – أشعـــة جامـــا : Gamma rays

هذا السلم الطويل من الإشعاعات لاتبصر العين منه إلا مقدار « درجة » واحدة هى التى تشمل حزمة الضوء المرئى Beam of light داخلها حشد من الإشعاعات الأخرى لاتحس به العين أما الإشعاعات غير المنظورة فيمكن الكشف عنها بوسائل غير مباشرة (التأثيرات الكهربائية – رفع درجة الحرارة .. ألخ) وجميع هذه الإشعاعات لها نفس الخواص الأساسية التى للضوء المرئى وتلعب نفس الدور الذى يلعبه الضوء فى الطبيعة وإن لم تحس بها العيون .

ولذا يتبوأ الضوء مكان الشرف والصدارة بين الكيانات الطبيعية لاهتمام الفيزيائيين به وذلك لخواصه الفريدة والتى يمكن تفصيل أسبابها :

أولا : أدرك الإنسان بفطرته منذ أقدم العصور أن الضوء هو أسرع رسول نعرفه وقد نسب ذلك إلى **لوكريتس** Locritus فى كتابه « فى طبيعة الأشياء » De rerum natura وكان الفلكى الدانمركى **رومر** Roemer هو أول من نجح عام ١٦٧٦ خلال عمله فى مرصد باريس فى أن ينسب للضوء سرعة انتشار محددة Finite قدرها بحوالى ٣١٣,٠٠٠ ك.م/ثانية لاشك أن هذه السرعة كبيرة جدا ولكنها على أية حال قدر محدود أمكن قياسها .

ولقد استطاع العلماء خلال القرن التاسع عشر وأثر عدد كبير من التجارب لامحل هنا لذكرها قياس سرعة أنتشار الضوء فى الفضاء بدقة أكبر أدت إلى نتائج قريبة جدا من ٣٠٠,٠٠٠ ك متر/ثانية . ومهما كانت هذه السرعة عالية فإنها مع ذلك محدودة – فغالبا مايستغرق الضوء زمنا طويلا ليقطع المسافات الشاسعة التى تفصل بين المجموعات النجمية – ويستغرق ثمانية دقائق ليصل من الشمس إلى الأرض . ويحتاج إلى أربعة أعوام ليقطع المسافة بيننا وبين أقرب النجوم إلينا ويعلم الفلكيون المعاصرون أن الضوء يستغرق

ملايين السنين ليأتى من السدم البعيد إلى الأرض . والحقيقة التى تتجه إليها أبصار العلماء والفلاسفة ليس إرتفاع مقدار سرعة الضوء ولكن كون هذه السرعة لايمكن أن يبلغها جسم مادى يتحرك .

وقد أمكن التعرف جيدا على هذه الخاصية المميزة للضوء بعد ظهور النظرية النسبية والتى تعتبر سرعة الضوء هى « السرعة الحدية » أى السرعة القصوى ولقد أوضحت نظرية النسبية أن الأجسام التى تتحرك بالسرعات المعتدلة التى نعرفها ونقابلها فى حياتنا اليومية تحتفظ بكتلتها ثابته تقريبا .

إن الضوء أو الفوتونات التى تكونه كتعبير جسيمى معاصر هى القادرة على بلوغ هذه السرعة الحدية نظرا لكتلتها المتلاشية ، ولهذا الإنتشار السريع للفوتونات الضوئية خاصية أخرى فريدة – أن الضوء لايحتاج إلى أى عون لكى ينتشر وهذه الخاصية الفريدة تعطى الضوء مكانا استثنائيا فى مجموع كيانات العالم الفيزيائى . إنّ أسرع وسيلة اليوم لنقل أى خبر تكون بإشارة ضوئية . ولذلك فهو أسرع رسول كما أن الضوء لايحتاج إلى أى عون لكى ينتشر ، ولكى ندرك إلى أى مدى يمكن تفهم ظاهرة انتشار الضوء ، من الضرورى أن أقدم ملخصا لنظريتين متعارضتين عن طبيعة الضوء قدمهما العلماء على مر العصور ، لقد كانوا يقارنون حزمة الضوء أحيانا بمجموعة من القذائف الصغيرة تسير فى مسارات متقاربة جدا وكانوا يتصورون مصدرا ضوئيا كما لو كان يقذف جسيمات مضيئة فى كل اتجاه . وأحيانا أخرى كانوا يفضلون تشبيه الضوء بموجة تنشر على صفحة الماء بحيث يكون المصدر الضوئى عند مركز الاهتزاز الذى تتولد عنده الأمواج منتشرة بعد ذلك من حوله فى اتجاه . كان التصور الأول هو تصور **لوكريتس** وهو دون شك نفس تصور نيوتن ثم لابلاس ، حيث كان يرى نيوتن أن الضوء يتألف من جسيمات متناهية فى الصغر – تصدر عن الشمس والجسيمات الأشعاعية تسير فى خطوط مستقيمة وأن سرعة الضوء أكبر فى الوسط الكثيف منه فى الوسط الأقل كثافة .

أما التصور الثانى قدمه **كريستيان هيجنز** K. Huggens عند نهاية القرن السابع عشر . شبه هيجنز الضوء بالصوت وحيث أن الأخير يسير فى موجات عبر الهواء – كذلك الضوء مع فارق أن موجات الضوء لاتسير عبر الهواء حيث أن الضوء يمكنه السير فى خلاء ولذلك اضطر إلى افتراض الأيثير الذى يملأ الفراغ الكونى لحمل الموجات – كان هيجنز يرى أن الشمس تصدر موجات ضوئية لاجسيمات ضوئية وأن الضوء يسير أقل سرعة فى الوسط الكثيف وأنه يسير فى الخلاء بسرعة أكبر منه الأوساط المادية – رغم أن قياس سرعة الضوء فى المسافات القصيرة نسبيا لم يكن ممكنا آنذاك . إلى أن تمكن فوكو

Foucault عام ١٨٥٠ من اجراء تجربة ، حسم بها النظريتين الجسيمية والموجيه· يث تبين له أن سرعة الضوء أقل سرعة فى الماء عنها فى الهواء ومن ثم تأيدت النظرية الموجية وأهملت الجسيمية . إلى أن جاء بلانك وأثبت أن الضوء يتألف من جسيمات هى الفوتونات فى مقدمة نظرية الكوانتم،وبفضل أبحاث العالم الفرنسى أوجستنى فرزنل O. Fresnel الذى استطاع تفسير ظواهر التداخل والحيود باستخدام التصور الموجى للضوء Wave of light وفى عام ١٨٨٩ تمكن مالس Malus من إكتشاف ظواهر الإستقطاب Polarization واستطاع تفسيرها باستخدام التصور الموجى للضوء – إلا أن العلماء حاولو لآماد طويلة تحديد خواص الأيثير للاهتداء إلى قوانين انتشار الضوء .

فإذا كان الضوء مكونا من أمواج تنتشر فى الفضاء – ألا يكون هناك وسط يمر خلاله الضوء المنتشر مثل اهتزازات الصوت والاهتزازات الميكانيكية التى تنتقل عبر الأوساط السائلة والغازية ومن خلال الجوامد – وأتفق هيجنز وفرزنل فى تخيل وسط شفاف لا وزن له ولا تدركه الحواس وسمى هذا الوسط « الأثير » Ether وحاول العلماء آمادا طويلة تحديد خواص مرونته فى سبيل الاهتداء إلى قوانين انتشار الضوء ، وصف الأثير بخواص متعارضه[1] كان آخرها أنه ذو طبيعة كهرومغناطيسية Electromagnetic nature حتى بداية السنوات الأولى للقرن العشرين وبعد أن قدر للنظرية النسبية بالحقائق التجريبية التى توصل إليها مورلى وميكليسون Morley & Michelson من أنه يستحيل علينا أن نعرف إن كنا نتحرك أو كنا ساكنين بالنسبة إلى الأثير وهنا أجمع الفيزيائيون على نبذ فكرة الأيثير كوسط حامل للأمواج الضوئية

ولقد كان التصور الكلاسيكى لهيجنز وفرزنل يحتم وجود وسط لانتشار الضوء – وعلى العكس من ذلك كان التصور الجسيمى Particles conception لايحتاج إلى مثل هذا الوسط – وإنما المؤكد أن الاهتزازات الميكانيكية والصوتية لابد لها من وسط مادى ينقلها – أما الضوء فهو أكثر استقلالا عن المادة وينتشر دون أى سند .

لقد أثبت لنا ماكسويل بنظريته الكهرومغنطيسية أن الضوء هو أنقى أشكال المجال الكهرومغناطيسى وترتبط المجالات الكهرومغناطيسية بحركة الجسيمات المكهربة التى تدخل فى تركيب المادة . هكذا يؤدى بنا التصور الجسيمى المتجزىء والكمى للضوء إلى التأكيد أن كل أشكال الضوء فى حالة الانتشار تتكون من « فوتونات » تحررت من كل ارتباط بالجسيمات المكهربة للمادة وهذه الفوتونات يصحبها مجالها الكهرومغناطيسى وهذا

(١) تخيله البعض أصلب من الصلب وأن حواسنا لاتدركه ، وأن النجوم تمر خلاله دون أدنى احتكاك إلا أن فكرة الأيثير ازداد غموضها حتى أضحت مصطنعة وشعر العلماء بأنها بالية وممزقة .

هو السبب فى القول بأن الضوء أنقى أشكال المجال الكهرومغناطيسى ، هكذا كشف لنا الضوء عن الثنائية الموجية والجسيمية Waves and particles وسمح لنا بهذا الشكل أن نتسلل إلى أعماق العالم الفيزيائى – ومع بداية القرن العشرين أمكن بعث تصور الضوء على هيئة جسيمات من جديد .

تصــور الضــوء والمــادة بعنيــان الطاقــة :

إن هذا الاتحاد النهائى لتصورى الضوء والمادة فى وحدة ذلك الكيان « الطاقة » Energy قد دعمته خطوات الفيزياء المعاصرة يوم أن اكتشفت أن الجسيمات المادية قادرة على الأختفاء مخلفة وراءها إشعاعا وأن الأشعاع يستطيع أن يتكثف إلى مادة وأن يخلق جسيمات جديدة وهكذا يستطيع إلكترونان متضادا الاشارة (الكترون سالب عادى والكترون موجب – بوزيتزون) أن يفنى كلا منهما الآخر وهذا الإفناء لزوج من الالكترونات ، مع مراعاة مبدأ بقاء الكهرباء (مادامت شحنتان متساويتان أشارتيهما متضادتان تختفيان فى وقت واحد ، يصحبه إنبعاث فوتونات من الاشعاع بحيث توحد طاقة الالكترونين . وتغير شكل الطاقة هذا مع بقائها لتتحول من مادة إلى ضوء والعكس . وفى الظروف المناسبة يستطيع فوتون أن يخلف وراءه زوجاً من الالكترونات متضادى الإشارة وفى هذه الحالة يتحقق مرة أخرى بقاء الطاقة والكهرباء ولكن هنا تتحول طاقة الضوء إلى مادة .

كل هذه الحقائق تثبت بوضوح أن المادة والضوء ليسا إلا مظهرين مختلفين للطاقة التى تستطيع أن تأخذ بالتعاقب مظهراً لكليهما . وإن كان الضوء يمتاز عن كل الكيانات النووية بأنه الأسرع والأكثر رقة والأكثر تحررا من القصور والشحنة وعلى ذلك إذا وسعنا كلمة « مادة » بحيث تشمل كل أشكال الطاقة فانه يمكن القول أن الضوء هو أكثر أشكال المادة تهذيباً – لذلك يحتل الضوء مكانا مرموقا بين مجموع الظواهر التى تدرسها الفيزياء المعاصرة – إنه إذ يصدر عن المادة أو يمتص فيها يعمل كحلقة اتصال بين كل الجسيمات المادية ذات الطبيعة النووية .

والضوء هو الذى يندفع بسرعة تخيلية فى المسافات النجمية مؤديا مهمة أسرع رسول بين أكثر النجوم تباعدا . ومن خلاله أمكن للفلاسفة والعلماء وعى ضخامة الكون – فالضوء هو الذى كشف عن وجود المجرات Galaxies والسدم Nebulae تفصلها مسافات شاسعة يقطعها الضوء رغم سرعته التخيلية فى مئات الملايين من السنين .

وأخيرا كشف الضوء النقاب عن وجهه فإذا به يستطيع أن يتكثف ويتكثف ليعود

آخر المطاف مادة بينا تستطيع المادة أن تتبدد لتصبح فى نهاية المطاف ضوءاً .

تحت مادة ضوء .Light فى دائرة المعارف البريطانية فى طبعتها الرابعة عشرة فى عام ١٩٢٩ بدأ الكاتب مقاله بما يلى :

قد ينتظر منا أن نبدأ الحديث فى الضوء بالتحدث عن حقيقته وبعد تحقيق ذلك ننتقل إلى خواصه ، ولكن هذه الطريقة مستحيلة – لأن الضوء من المعانى الأصلية الأولى التى يعجز عن الوصول إليها أى معنى آخر أو معان أخرى نسخرها لتفسيره ، فطبيعة الضوء لايمكن التعريف بها إلا بتعداد خواصه ، وببناء هذه الخواص على أبسط الأسس الممكنة وبما أن هذه الأسس تعجز عن إدراكها خبرة هذه الحياة ، فقد وجب أن نعبر عنها بصورة من صور المنطق البحت أعنى بالرياضة . وعلى هذا سوف نصف كيف يعمل الضوء مستعينين بالتشبيهات والاستعارات وهذا الوصف هو « حقيقة » الضوء إذ لاشىء يمكن سواه . أحب أن أقارن هذا المقال بنظيره فى نفس دائرة المعارف البريطانية فى طبعتها الحادية عشر فى عام ١٩١١ وقد كتبها فلكى ، ولكنه لاشك كان يعرض فيما كتب رأى علماء الفيزياء فى تلك الأيام قال الكاتب بعد أن ذكر أن الضوء يمكن تعريفه بما يجد المرء من أثر له فى نفسه قال : أما تعريفه الموضوعى ، بصرف النظر عن أثره فى ذات رائيه والتعرف على حقيقته فهذا هو الهدف الأقصى للأبحاث الضوئية .

من هذين المقالين ، مقال عام ١٩١١ ، ومقال عام ١٩٢٩ نرى كيف أنتقل الأهتمام بمعرفة حقيقة الضوء إلى الإكتفاء من هذه الحقيقة بالذى يذكر من خصائص الضوء ، انها نقلة ظاهرة حتى لمن لايعرف من الطبيعة شيئا .

قال نيوتن أن الذرات من طبيعة جسيمية والضوء كذلك ، وقال هيجنز أن الذرات من طبيعة موجية والضوء كذلك . وظل الخلاف حاسما حتى جاء فوكو Foucaul بالتجربة الحاسمة فى صف النظرية الموجية مؤيدا لهيجنز . لكن لما جاء القرن العشرون عاد بلانك وأيده أينشتين إلى النظرية الجسيمية للضوء ، وظل الأمر كذلك حتى عام ١٩٢٥ حين جاء دى بروى الفرنسى وشرودنجر ، وعاد إلى النظرية الموجية للضوء والمادة ، وعاد الخلاف الحاسم بين النظريتين من جديد . لكن الأمر الآن استقر على موقف تبناه هيزنبرج وبورن قبيل الحرب العالمية الثانية هو أن الذرة والضوء يمكن أن يفسرا بالتصور الموجى والجسيمى معا – لكن ليس فى لحظة واحدة ، المادة والضوء يفسران تفسيرا جسيميا فى السرعات المحدودة لحركة المادة ، ويفسران تفسيرا موجيا حين تصل سرعة المادة إلى سرعة الضوء .

النيــوتــرون Neutron[2]

فى أواخر عام ١٩٣٠ لاحظ « **بوث** » و « **بيكر** » Both & Becker أنه عند قدف صفائح رقيقة من المعادن الخفيفة بأشعة ألفا المنبعثة من البولونيوم ، فإنه يبعث منها أشعة نفاذه جداً وفى عام ١٩٣٢ أعلن **شادويك** Chadwick الإنجليزى أن هذه الأشعة نوع جديد من الجسيمات موجودة بنواة الذرة لاتحمل أى شحنات ، ووزن الواحد منها يساوى وزن البروتون ، وسمى هذا الجسيم بالنيوترون Neutron

الأشــعة الكونيــة وجسيمــات نوويــة أخــرى :

فى السنين العشر الأولى من هذا القرن أمكن عن طريق الدراسات العلمية التوصل إلى أن نسبة تأيين الهواء الجوى تزداد كلما ارتفعنا عن سطح البحر . ولايمكن تفسير ذلك بأنه نتيجة وجود المواد المشعة فى الأرض . فرض العلماء حينذاك أن تلك الاشعاعات التى تسبب تأين الهواء الجوى إنما تخترق الغلاف الجوى للأرض آتية من أعماق الفضاء الخارجى وأطلق عليها لذلك اسم « **الأشعة الكونية** »[1] Universerays ولقد توالت دراسات علماء الفيزياء لطبيعة تلك الأشعة الكونية باستخدام الطرق التكنيكية المختلفة وتلخص النتائج كما يلى :

١ – أعلى قيمة للتأين عند ٢٢ كم فوق سطح البحر ثم تنخفض بعد ذلك .

٢ – تتكون الأشعة الكونية من كثير من البروتونات والنيوترونات وأشعة ألفا ونسبة قليلة من أنوية عناصر الكربون والأكسجين . وكذلك الفوتونات والبوزيترونات والميزونات والميونات .

٣ – لاتتغير كمية الأشعة الكونية خلال اليوم أو خلال فصل ما من فصول العام تقريبا .

٤ – تقل كمية الأشعة الكونية كلما اقتربنا من خط الاستواء بتأثير المجال المغناطيسى الأرضى . وقد تم اكتشاف الجسيمات النووية الآتية بالأشعة الكونية :

(أ) فى عام ١٩٣٢ قام العالم الأمريكى **أندرسون** Anderson باكتشاف البوزيترون ، له نفس كتلة الالكترون ونفس قيمة الشحنة إلا أنها موجبة .

---

(٢) Richard, F., **First principles of atomic physics p.**

(١) Gerlach, W., **Matter; Electricity, Energy D.** Van Nostrand Co., 1928 p.268

(ب) وفى عام ١٩٣٦ اكتشف أيضا دقائق الميزونات الموجبة والميونات السالبة Neg. Meon .

(جـ) فى عام ١٩٤٧ تمكن العالمان **باول** Bawell **وأوكيالينى** Okialine من اكتشاف الميزونات الثقيلة والبايونات Bions ذات الشحنة الموجبة أو السالبة أو المتعادلة .

(كتلة البايون + = ٢٧٣,٢ كتلة الالكترون)

(بايون متعادل = ٢٦٤,٢ كتلة الالكترون)

الأنشطــار النــووى : Nuclear Fission

اكتشف العالمان **هان وستراسمان** Han & Strasman فى عام ١٩٣٩ أن نواة اليورانيوم ذات الوزن الذرى ٢٣٥ تنقسم إلى جزئين متساويين تقريبا عند تصادمها مع النيوترونات البطيئة . واستطاع العالمان **فريش ومتنر** Fresch & Metner تفسير ذلك على أنه إنشطار لنواة اليورانيوم وتحول جزء كبير من الكتلة إلى طاقة هائلة تبلغ حوالى ٢٠٠ مليون الكترون فولت من إنشطار نواة واحدة وينتج عدد من النيوترونات تستطيع بدورها القيام بتصادمات جديدة تؤدى إلى إنشطار أنوية أخرى لعنصر اليورانيوم وسمى هذا التفاعل المتسلسل[١] Chain reaction يمكن التحكم حاليا فى هذه الطاقة فيما يسمى بالمفاعلات النووية حيث يجرى التحكم فى عملية الأنشطار ومعدل حدوثها بما يضمن الأمن . وتقوم المفاعلات بانتاج الطاقة لأوقات طويلة – وعلى ذلك يجرى تصميمها لتستخدم كمصدر للطاقة لمحطات القوى وفى انتاج النظائر المشعة .

---

(١) Ibid pp.273-339

محتويات الفصل الثالث

النظريات النسبية والفلك

- **ألبرت أينشتين**
- **نشأة وهدف النظرية الخاصة للنسبية**
  - **نسبية الزمان والمكان والحركة .**
  - نسبية الزمان
  - نسبية المكان
  - **تجربة ميكلسون مورلى أهم أسباب وضع النظرية الخاصة**
  - نسبية الحركة وسرعة الضوء
  - نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن
- **خلاصة قوانين النظرية الخاصة للنسبية**
- **الفلك كعلم طبيعى معاصر**
  - موجز تاريخى لتطور علم الفلك
  - المجموعة الشمسية
  - النجوم والكواكب
  - الأرض والقمر
  - الشمس والطاقة
  - المذنبات والشهب
  - الطريق اللبنية أو طريق التبانة (سكة التبانة)
  - السديم
- **نشأة وهدف النظرية العامة للنسبية**
  - المكان والزمان معا فى « متصل واحد »
  - الجاذبية « مجال »
  - الكون « متصل » منحنى مقفل محدود
  - الكون يتمدد وينكمش
- **نظرية المجال الموحد**
  - أينشتين وأزمة الفيزياء النيوتونية .
  - خاتمة .

النظـــريات النســـبية والفـــلك

اتسع مجال البحث فى العلوم الفيزيائية المعاصرة واتجه نحو عالمين :

١ - عالم الدقائق النووية Microphysics والتفتيت الذرى عامة وظواهر الأشعاع والطاقة الخاصة ولاشك أن ذلك جوهر بحث نظرية الكوانم التى ساهم فيها نخبة من عمالقة العلم الطبيعى والرياضى المعاصرين وسبق أن ذكرنا ذلك تفصيلا .

٢ - عالم الأفلاك أو عالم الكيانات المتناهية فى الكبر Macro Physics فى الفضاء الكونى الفسيح بما يشمله من كواكب ونجوم ومجرات وسديم .. وهذا ماتتناوله بالإجمال النظريات النسبية لأينشتين . هناك نظريتان أولهما الخاصة وتتناول إمكانية إنسجام النظريات الفيزيائية إذا أمكن إجراء تعديلات خاصة فى الآراء التقليدية للزمان والمكان والحركة والكتلة . وثانيتهما النظرية العامة وتتناول حركة الأجرام السماوية فى آفاق الكون الرحيب فى المتصل رباعى الأبعاد ، والجاذبية فى الكون المحدود والمتمدد فى متصل مقفل ، لتكشف أسرار علمية كثيرة عن شكل الكون ونظامه ، وتخيل أسرار وأوضاع مجموعاته فى السديم .

ألـبرت أينشتين : (١٨٧٩ - مايو ١٩٥٥) Albert Einstein

هو العالم الرياضى الفيزيائى الشهير - صاحب النظريات الخاصة والعامة للنسبية ونظرية المجال الموحد ، ولد فى ألمانيا عام ١٨٧٩ بمدينة أو (Ulm) لم ينجب والده سواه وشقيقة تصغره بعامين .

ظهرت ميوله إلى العلوم الطبيعية فكان يقبل على كتب التبسيط العلمى بنهم بالغ ، من الطريف أنه تعلم الرياضيات فى المنزل وشجعه على ذلك عمه مدرس علم الجبر .

انتقلت عائلته إلى إيطاليا وهو فى الخامسة عشر وأمكنه الحصول على الشهادة الثانوية ، من إحدى مدارس سويسرا وتبينت ميوله للعلوم الفيزيائية ، فكان يقبل على مطالعة كتب كبار العلماء البارزين فى هذا الفرع ، من أمثال هلمولتز Helmholtz[1] وبولتزمان

(١) **جيرمان هلمهولتز** Helmholtz (١٨٢١ - ١٨٩٤) عالم ألمانى عمل فى مجال الفيزياء والرياضيات وعلوم وظائف الأعضاء وكان أول من وضع التعريف الرياضى لقانون بقاء الطاقة عام ١٨٤٧ مبينا فيه خواص ومميزات هذا القانون . وكان أول من استخدم الميكانيكا الحرارية فى دراسة العمليات الكيميائية . فقد وضع هلمهولتز أساس الميكانيكا الهوائية وميكانيكا الموائع المائية ذلك بأبحاث فى الحركة الدوامية للسوائل . وتوصل إلى مجموعة عامة من النتائج ذات القيمة .

Boltzman وماكسويل Maxwell وهرتز Hertz ، ولما كان ألبرت يهم بالقوانين العامة للفيزياء فسرعان ماوجد نفسه أمام مشاكل يتبادلها الفلاسفة وهنا نجد عاملاً جديداً ، كان له أثر واضح فى تفكيره وتناوله للأمور إذ أننا نجده وخلافاً للغالبية يقبل على كتب الفلاسفة للاستفادة من أفكارهم ومنطقهم – أعجبه هيوم وأرنست ماخ وكنط وهنرى بوانكاريه[1].

فى زيورخ شغل مناصب للأستاذية فى جامعتها التكنولوجية الشهيرة إلى عام ١٩١٤ – وفى نفس العام دعى إلى برلين ليكون رئيس معهد القيصر ولهلم للفيزياء وفى عام ١٩٢١ نال جائزة نوبل وفى عام ١٩٢٥ نال ميدالية الجمعية الملكية بلندن .

وبمجىء هتلر إلى ألمانيا – هاجر أو هرب أينشتين إلى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٣٩ وقَبِلَ رئاسة معهد الدراسات الرياضية والفيزيائية العليا بجامعة « برنستون » حيث عين رئيسا له طوال حياته ، ويقال أن عقلية أينشتين الجبارة هى التى أوحت إلى الرئيس الأمريكى روزفلت بفكرة القنبلة الذرية .

وكان أن نجحت فكرته ، وألقيت أول قنبلة ذرية على اليابان فى سنة ١٩٤٥ فأذهلت العالم بتلك الطاقة الجديدة الهائلة وذاع صيت أينشتين وظل فى الولايات المتحدة حتى توفى فى مايو ١٩٥٥ . وكان قد أوصى بتسليم مخه للبحوث التشريحية العلمية . عدد قليل من الناس هو الذى يعرف على وجه الدقة ما أتاه أينشتين . فقد أحدث ثورة فى تصوراتنا عن العالم الفيزيائى . غير أن تلك التصورات الجديدة لم تفسرها جيداً إلا المصطلحات الرياضية البحته المجردة . ومن الحق أن هناك تفسيرات مبسطة لاحصر لها – لنظريات أينشتين ولكنها تتأبى عامة على الوضوح فإن الكثير من أفكارها الجديدة يعبر عنه فى لغة العلاقات الرياضية ، وصعوبتها تتأتى من هذه الناحية لأن مانحتاج إليه هو تغيير فى الصورة التى نتخيلها للعالم – تلك الصورة التى انتقلت إلينا عن الآخرين من أمثال كوبرنيق وكبلر وجاليليو ونيوتن وهرتز[2].

(١) **هنرى بوانكاريه** (١٨٥٤ – ١٩١٢) هو واحد من فريق العلماء المتابعين لنقد المعرفة العلمية وله فى هذا كتب مشهورة هى العلم والفرض (١٩٠٢) وقيمة العلم (١٩٠٥) والعلم والمنهج (١٩٠٩) وخواطر أخيرة (١٩١٢) ويلتقى بوانكارية مع الكثير من العلماء والفلاسفة فى القول بنسبية العلم الحديث ولاسيما الفيزياء .

(٢) **هنريش هرتز** Heinrch. H. (١٨٥٧ – ١٨٩٤) خطا بعلم الكهرومغناطيسية خاصة موضوع الموجات اللاسلكية القصيرة .

راجع : James. B. Conant; Science and Common sense. by yale Univ. Press 1951 p.

صاغ أينشتين منهجا جديدا متحررا من افتراضات العلماء السابقين ولكى يفعل ذلك كان لابد من أن يغير الأفكار التقليدية عن الزمان والمكان تغييرا أساسيا وهى أفكار لم يستطع أن يتحداها أحد منذ أزمنة سحيقة . إننا نعلم أن العلم منذ أرسطو وحتى عصرنا القريب يقوم على افتراض أن الزمان موجود وجوداً مطلقا ، وكذلك المكان ، وبعبارة أخرى كان لايدور بخلد أحد أن طولاً من الأطوال أو مدة من المدد يمكن أن يختلفا باختلاف الأشخاص – فهما معطيان ثابتان مطلقان .

كان أينشتين يقول : إننى أمعن الفكر مدى أشهر ، بل مدى سنين ، والنتيجة التى أتوصل إليها قد تكون خاطئة فى تسع وتسعين مرة إلا أننى فى المرة المائة أكون على صواب . ولذا كان يعير أية آراء أو أفكار باهتمام كامل غير منقوص – فقد كان يعلم أن أعظم الإكتشافات الأساسية فى ميدان العلوم الفيزيائية إنما تبدو فى أول الأمر غامضة .

ومنذ وفاة أينشتين حتى الآن نجد تطورا فى فهم نظرياته ، فقد غدا كل جيل من الطلاب يجد نظرياته أسهل استيعابا ، كما أن المفاهيم الخاطئة عن الكون التى ينبغى تصحيحها راحت تقل مع كل جيل ، ومع مضى الزمن حين يأخذ عدد الناس الذين يدركون معنى عمله بازْدياد ، سيقل تدريجيا الميل إلى أعتبار ألبرت أينشتين رمزا للغموض .

أهتم العالم أجمع بهذا العالم النابغة الفذ وعللت آراؤه ونظرياته – وكان الأساتذة فى أكبر جامعات أوروبا وأمريكا يقولون عنها أنها أعمق النظريات التى لايفهمها إلا عدد محدود وضئيل للغاية فى العالم ، ويعتبر على رأس قائمة العلماء المعاصرين أصحاب الإكتشافات الهامة فهو أكبر أعمدة التقدم الفيزيائى فى القرن العشرين بما أحرزته البحوث المستفيضة فى طبيعة المكان والزمان والحركة والكتلة والطاقة وعن طبيعة الضوء أهو موجات أم هو جسيمات مادية ، وعن بحوث فى التفتيت الذرى للعناصر والكون المتمدد وبدايات الكون – هذه البحوث أدت بالعلماء إلى مشاكل وصعوبات حيرتهم فى تفسير بعض هذه النظريات خاصة صعوبات التوفيق بين النظريات والمشاهدات التجريبية .

تقدم ألبرت أينشتين بعدة نظريات وآراء بدت غريبة ، ثم ظهرت قيمتها العلمية فيما بعد وأثبتت تجارب الفيزيائيين والرياضيين صحتها وأهميتها ومن أهم نظرياته :

١ – النظرية الخاصة للنسبية . Special Theory of Relativity

٢ – النظرية العامة للنسبية General Theory of Relativity

٣ – نظرية المجال الموحد Unified field theory

والنظريات النسبية يمكن تفسيرها فى كلمات قليلة بأنها محاولة لتفسير نتائج العلم الطبيعى وتنسيقه على أساس أن الحركة التى يمكن أن يلحظها الإنسان إنما هى حركة نسبية وهى وحدها النوع الوحيد من الحركة الذى يمكن اعتباره فى بحث القوانين الفيزيائية وفى وضعها ، ويطبق أينشتين هذه النظرية على القوانين الكهربائية والضوئية ، فيجد أنه إذا أريد تطبيقها على هذه الظواهر وكذلك على قواعد الميكانيكا ، وجب تغيير قوانين نيوتن عن الحركة ، إنّ الفرق الذى يحدثه هذا صغير جداً فى كل السرعات العادية ، ولكنه ليس بالصغير فى بعض الظواهر الفلكية حيث كل شىء هائل وكبير ، ولا فى الظواهر الديناميكية الكهربائية حيث كل شىء هائل ، صغير وكبير .

ولتبسيط فكرة النسبى والنسبية[1]، يمكن القول أن كل شىء فى الكون يتصف بالنسبية – أحجام الكائنات والجوامد وتعدادها ، نموها ، أعمارها ، تزايدها أو نقصانها – إذا تأملنا حياة الإنسان تتجلى فيها ظاهرة النسبية فى قدراته وملكاته ، فى ذكائه وفكره – فى كل المتغيرات النسبية لحياته الفسيولوجية والتشريحية .

إنتهت فكرة الثبات المقارن التى تؤلف جزءاً من نظرتنا العادية للمادة وللحقائق الكونية ، فالنسبية تعتمد إلى حد كبير على التخلص من مفهوم فكر المطلق أو الثبات أو الدوام التى لم تعد نافعة إلا لطوائف العوام الذين لايملكون إلا التصورات المسبقة والتى تمنعهم من فهم مايقوله أينشتين وحيث يترامى لهم أن معظم الأشياء على سطح الأرض دائمة وثابتة من وجهة نظر أرضية . عندما سئل أينشتين عن نسبية الزمن قال فى مثال رائع : « إن الإنسان إذا قضى ساعة فى جو هادىء مريح لبدت الساعات دقائق ، وإذا

(١) **يقول برتراند رسل** : ثمة مبدأ عام تهيب به نظرية النسبية ، وقد إتضح أن هذا المبدأ أقوى مايمكن أن يفترضه أى إنسان ، فإذا علمت أن رجلا أغنى من رجل آخر مرتين ، فهذه الحقيقة تظل كما هى سواء قدرت ثروة كليهما بالجنيهات أو بالدولارات أو بأية عملة أخرى ، ستتغير الأرقام التى تمثل ثروتيهما ، بيد أن رقما سيظل دائما ضعف الرقم الآخر ، وهذا الشىء نفسه يعود للظهور فى الفيزياء – فى صور أشد تعقيدا ، ولما كانت كل حركة نسبية فمن الممكن أن تأخذ أى جسم تشاء على أنه معيار الاسناد أو المعيار الأساسى Standard of reference وأن تقدر الحركات الأخرى جميعا بالإشارة إلى هذا الجسم ، وكذلك تستطيع أن تقدر حركة جسم ما بوساطة أجسام اسناد مختلفة دون تغيير علاقتها مع الحركات الأخرى . ولما كانت الفيزياء معنية بالعلاقات عناية كاملة ، فلابد أن يكون من الممكن التعبير عن قوانين الفيزياء جميعا بارجاع الحركات كلها إلى أى جسم معين بوصفه معياراً .

راجع :

B. Russell, ABC of Relativity. Harper & Bros, Kegan Paul 1952 pp.10-18

قضاها مسهداً مفكراً لبدت الدقائق ساعات » . وكذلك بالمثل فالزمن على كوكب الأرض غير الزمن على كوكب آخر فإذا كان عطارد يدور حول الشمس فى ٨٨ يوما فان السنة هناك أقصر من السنة على الأرض – وإذا كان هدا الكوكب عطارد - يدور حول نفسه فى ٨٨ يوما فإن اليوم هناك يساوى سنة ، بمعنى أن طول اليوم العطاردى يساوى طول السنة العطاردية وهو تقويم يختلف عن تقويم الأرض . والإنسان على الأرض مكانه نسبى لأنه هو والأرض متحركان فى الفضاء .

بذلك يكون الزمان مقداراً لا معنى له إذا لم ينسب إلى النظام الذى أشتق منه .

نشـأة وهـدف النظـرية الخاصـة للنسبيـة :

أثبت أينشتين عام ١٩٠٥ أن النظريات الفيزيائية تنسجم إذا أمكن اجراء تعديلات خاصة فى الآراء التقليدية عن المكان والزمان ، وقد ضمن آراءه فى النظرية الخاصة للنسبية – وقد سميت بالخاصة لأنها تنطبق فقط على المجموعات المتحركة بسرعة ثابته – أو بعبارة أخرى على المجموعات القصورية . وكان ذلك من خلال بحث فى موضوع الديناميكا الكهربية للأجسام المتحركة .

ظهر هدف هذا البحث فى مجلة ألمانية[(١)] عام ١٩٠٥ كرسالة للعالم الألمانى أينشتين تعرض فيه المؤلف فى كثير من التفصيل الفنى للأجابة عن السؤال الآتى وهو :

– هل يمكن صياغة قوانين الديناميكا الكهربائية بحيث تبقى هذه القوانين محتفظة بصورتها إذا انتقلنا من صياغة القوانين الفيزيائية الهامة فى قالب لايتأثر شكله بحركة المكان الذى تصاغ فيه . وضع أينشتين مبدءاً جديدا جعله نقطة بدائية وسماه مبدأ « النسبية » وهو القول بأن القوانين الفيزيائية مستقلة عن حركة المجموعة التى تنسب إليها . وقوانين الديناميكا الكهربائية هى مجموعة من القوانين الأساسية كشف عنها البحث العلمى فى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر واقترنت بأسماء أوم Ohm وفرادى[(٢)] Faradey وكولوم

(١) العدد ١٧ من مجلة Annalar der Physik

وأيضا Relativity : The Special and the General Theory. A. Einstein 1916 p.55

وأيضا د. على مصطفى مشرفة النظرية النسبية الخاصة . لجنة التأليف والترجمة والنشر القاهرة ١٩٤٥ ص ٥ – ١٣

(٢) ميكل فراداى (١٧٩١ – ١٨٦٧) كيميائى فيزيائى إنجليزى بدأ حياته صبيا عند مجلد للكتب فى لندن ، وملأ فراغه بالتجريب الكهربائى وصحبه زميل إلى محاضرات السيد همفرى دافى –

Couulomb[1] وراليRayleigh[2] ومكسويل Maxwell

وقد توصل الأخير فى أواخر القرن التاسع عشر إلى وضع القوانين الفيزيائية فى صورة رياضية متناسقة محبوكة الأطراف تنسب إليه ، وتقرن بأسمه فيقال ... معادلات مكسويل للديناميكا الكهربائية .

ولما كان البحث العلمى آنذاك قد توصل إلى أن المادة ما هى إلا كهرباء – كما أهتدى أيضا إلى أن صور الأشعاع قوامها الكهرباء أيضا . فإن معادلات مكسويل الكهربائية قد أكتسبت مكاناً رئيسياً بين القوانين الفيزيائية وصارت أساسا للبحث فى كتلة المادة والأشعاع وبذلك تغلغلت بين ثنايا الكون وأصبح البحث فيها بحث فى صميم فلسفة العلم .

بقيت نقطة هامة ظلت تشغل بال العلماء فى صياغة مكسويل لقوانين الديناميكا الكهربائية هى : ما الذى يحدث لهذه القوانين إذا تحركت المجموعة المادية التى تشاهد فيها الظواهر الفيزيائية ؟

إن كلارك **مكسويل** كان يجرى تجاربه فى معمل من معامل الفيزياء بإنجلترا فإذا فرض أن باحثا آخر عنده ما عند كلارك مكسويل من الأجهزة العلمية يجرى تجاربه هو أيضا فى معمل بمكان آخر على الأرض أو على كوكب من الكواكب متحرك بالنسبة إلى معمل مكسويل فهل يصل هذا الباحث إلى نفس المعادلات الرياضية التى وصل إليها مكسويل ؟ إن هذا السؤال يثير مبدأ فلسفيا من أهم المبادىء وأعمقها . هل لقوانين الفيزياء صفة الأطلاق أو العمومية ؟ وهل هى مستقلة عن الزمان والمكان وبالتالى عن الحركة .

= فواصلها حتى عين مساعدا فى المعهد الملكى Royol Institution لهمفرى . ومن هنا بدأ حتى صار أستاذا ثم رئيسا للمعهد وأغلب بحوثه فى مجالات التحليل الكهربائى .

(١) **شارل دى أوجستين دى كولوم** (١٧٣٦ – ١٨٠٦) فرنسى – أول من قاس التجاذب والتنافر الكهربى كميا واستنتج القانون الذى يحكمه – كان أستاذا بأكاديمية العلوم الفرنسية عام ١٧٨٥ . والكولوم هو وحدة الشحنات ويعرف بأنه كمية الشحنة التى تمر فى مقطع معين لسلك فى ثانية واحدة إذا مر تيار مستمر قدره أمبير واحد فى السلك .

(٢) **اللورد رالى** (١٨٤٢ – ١٩١٩) الفيزيائى الأنجليزى ، تعلم فى كمبردج وورث اللقب عن أبيه عام ١٨٧٣ . كان استاذا للفيزياء التجريبية فى كمبردج من عام ١٨٧٩ – ١٨٨٤ ، ثم انتقل إلى لندن أستاذا بها ، واشترك مع وليم رمزى فى كشف غاز الأرجون ، نال جائزة نوبل لعام ١٩٠٤ . راجع :

D. Halliday & R. Resnick, **Physics For students of science.** Copyright London 1960

هكذا كان تفكير أينشتين عندما نشر رسالته عام ١٩٠٥ فى الديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة ، من البديهى أن جزيئات المعرفة البشرية تختلف بإختلاف الزمان والمكان وباختلاف الحركة فهل القوانين الفيزيائية ذاتها التى هى قضايا كلية ، هل هذه تختلف أيضا بإختلاف الحركة أم أنها مستقلة عنها ؟

كان فكر علماء الفيزياء فى أواخر القرن التاسع عشر يوحى بأن القوانين يلزم أن تكون مطلقة وأن شكلها يجب أن يبقى كما هو غير متأثر بالزمان والمكان بل أن معنى القانون الفيزيائى ينطوى على معنى التجرد والاطلاق .

كان العلامة **لورانتز** Lorentz[1] قد أهتدى قبل أينشتين ببضع سنين إلى وسيلة من شأنه جعل معادلات مكسويل تحتفظ بصورتها الشكلية غير متأثرة بحركة المجموعة المادية التى تنسب إليها

ونشر بحوثه فى رسالتين أعوام ١٨٩٥ ، ١٩٠٤ فى أعمال أكاديمية العلوم بأمستردام وجد لورانتز أنه من الممكن لمعادلات مكسويل أن تحتفظبشكلهاإزاء حركة المجموعة التى تنسب إليها بشرط استخدام زمن محلى وطول محلى وكان بحثه محصورا فى دائرة معادلات « مكسويل » ذاتها ومنصباً عليها . ومكسويل بانجلترا — لم يتفقا ولم يختلفا فى معنى الزمن ومعنى الطول . أما رسالة أينشتين ذات المبدأ الجديد ونقطة البداية التى أسماها « النسبية » وهى القول بأن القوانين الفيزيائية مستقلة عن حركة المجموعة التى تنسب إليها .

معنى ذلك أن معادلات مكسويل وغيرها من قوانين الفيزياء يلزم أن تكون مستقلة عن الحركة وكل قول لايفى بهذا الشرط الأساسى لايكون قانونا فيزيائيا بل يلزم تعديله وصياغته صياغة تتفق ومبدأ النسبية . خطوة جريئة لأينشتين جاءت موفقة . فاحتفاظ القوانين الفيزيائية بشكلها أو صيغتها مسألة ترتبط بعلم الجمال أكثر منها بعلم الفيزياء . فكما أن العين ترتاح إذا نظرت إلى جسم متماثل الشكل والأجزاء وترتاح أيضا لبقاء هذا التناسب إذا نُظر إليه من نواح مختلفة — كذلك الفكر البشرى يرى فى احتفاظ القوانين الفيزيائية بشكلها الرياضى واستقلالها عن الزمان والمكان مبعث إرتياح خاص ومظهر من مظاهر الكمال .

---

(١) هـ . أ . لورانتز : (١٨٥٣ — ١٩٢٨) عالم فيزيائى هولندى بذل جهداً فى تطوير مفاهيم المجالين الكهربائى والمغناطيسى وتوضيحهما ، قاس النسبة بين شحنة الالكترون وكتلته من ملاحظة انحرافه فى المجالين الكهربى والمغناطيسى مجتمعين - بطريقة تختلف عن طريقة ج.ج. طومسون كما أنه أضاف اضافات جوهرية زادت نظرية مكسويل وضوحاً .

نسبية الزمان والمكان والحركة :

نسبية الزمان : Time Relativity

إن الحوادث التي تحدث في مكان واحد يسهل على من يقوم في هذا المكان أن يرتبها زمنيا من الماضي إلى الحاضر إلى المستقبل ولكن إذا كانت الحوادث الواقعة في أماكن متباعدة فكيف يمكن الحكم على تعاقبها الزمني ؟

نفرض أن عالما فلكيا شاهد خسوف القمر في تمام الساعة الحادية عشر مساءا والمسافة بين الأرض والقمر تقدر بملايين الأميال ، فالخسوف إذن لم يقع لحظة رؤية الفلكي ولابد أنه وقع في لحظة سابقه لذلك ، ثم انتقل بسرعة الضوء ١٨٦,٠٠٠ ميل/ثانية . وعلى ذلك فقد مضت بضع دقائق بين وقوع الخسوف ورؤيته « لحظة مشاهدته » . وبفرض أن باحثا فلكيا آخر يعيش على كوكب آخر من المجموعة الشمسية - إن هذا الباحث سيشاهد الخسوف في لحظة تختلف عن لحظة الباحث الأرضي وذلك بقدر إختلاف البعد بين الكوكب الثاني والقمر بالنسبة لبعد الأرض عن القمر

أن الآراء الفلكية إلى أوائل القرن العشرين كانت تسلم بوجود زمن مطلق يعم الفضاء الكوني وتنتظم فيه الحوادث متعاقبة بين الماضي والمستقبل - علما بأن بعض الأجرام يصل ضوءها إلى الأرض في بضع سنين وبعضها في ألوف السنين بل وفي ملايين السنين - وإذن فنحن نراها كما كانت منذ بضع سنين إن لم يكن من مئات أو آلاف السنين ومن ذلك يتضح أن القول بوجود زمن مطلق يشمل العالم بأسره يقتضي أن يختلف مظهر العالم إذا نظرنا إليه من أماكن مختلفة .

وبعبارة أخرى هل للماضي معنى الأطلاق ؟ وهل للمستقبل نفس المعنى مهما يكن المكان الذي نشاهد منه حوادث العالم ؟ إن علماء الفلك إلى أوائل القرن العشرين كانوا يجيبون عن هذا السؤال بالأيجاب وكانوا يعتبرون هذا مسألة بديهية يسلم بها .

المسألة ليست بهذه البساطة - اتفاقنا على الماضي والمستقبل في دائرة الحوادث التي تحدث على الكرة الأرضية ربما يكون أمراً بسيطا - أما اتفاق سكان كوكبين مختلفين على زمن فلكي يصل خبره إلى كل منهما في بضع أو مئات أو ألوف السنين فمسألة فيها نظر - هكذا آن لنا أن نتشكك في وجود زمان مطلق[1] - وأذن فالزمن قياسه نسبي لا مطلق ،

(١) اعتقد نيوتن في الزمان والمكان المطلقين ، دون أن يرى ضرورة لتمحيص ذلك الأعتقاد . والكون توفيقا لما يراه كائن في زمن . مطلق لاعلاقه له بالظواهر التي تقع فيه ، وفي حيز مطلق ثابت لايعتريه التبدل وهو حيز الأبعاد الثلاثة في هندسة أقليدس ، كما أعتقد نيوتن بفكرة مطلقة أخرى وهي الكتلة Mass بأعتبارها مقدارا ماديا لايتحول مهما كانت حالة سكون الجسم أو حركته

إذ يقاس على وحدة معيارية نحن الذين جعلناها معيارا فرضنا فيه الثبات[1]. ولنترك الآن مشكلة قياس الزمن – لنسأل سؤالا عن ترتيب لحظات الزمن ترتيبا يجعل منها ما هو سابق وما هو لاحق فكيف نعرف أن حادثة أسبق فى الزمن من حادثة ؟ نلجأ إلى الساعات – هذه الساعات أدوات لقياس الزمن ولابد أن يكون الزمن مستقلا عن أدوات قياسه ، فلابد أن تكون هناك وسيلة أخرى نستدل بها على تتابع لحظات الزمن فنمو البذرة وتفاعل أى عنصرين لتكوين مركب ، أمثلة تبين اتجاها لاينعكس ، وهذا حكم نتيجة المشاهدة – أى أن لحظات الزمن مرتبة سابقا فلاحقا وأن هذا الترتيب لاينعكس[2] مهتدين فى ذلك بالظواهر الطبيعية وطرائق سيرها – فإنما نقول شيئا نسبيا – ننسب الأمور بعضها لبعض دون أن يكون لها ما يفرض علينا صدقها بصورة مطلقة . ومن المشكلات التى أثارها أيضا أينشتين فى نسبية الزمن . هل فكرة الزمان كونية أم مرتبطة فقط بكوكب الأرض ؟ فكلمة « الآن » لا معنى لها إلا على الأرض – بل وفى بقعة محدودة من سطحها هى التى تحيط بها ، وكل كوكب له آنه المحدود

ولقد ناقش أينشتين تحديد الآنية ما هو – إنك لكى تعرف أن حادثة وقعت فى مكان بعيد عنك – لابد لك من رسالة أو إشارة من هناك لتدلك على أن تلك الحادثة قد وقعت . لكن وصول هذه الإشارة إلى الحواس لم يكن فى نفس اللحظة التى وقع فيها الحادث – إذ لابد للاشارة الصوتية أو الضوئية من زمن تستغرقه فى الانتقال من مكان وقوع الحادثة إلى مكان استقبالها ، فكيف نقيس سرعة انتقال هذه الإشارات ؟ كيف نقيس سرعة الضوء من مكان إلى مكان آخر ؟ ثم نسجل زمن صدورها وزمن وصولها لنعرف المدة المستغرقة فى انتقالها ونقسمها على المسافة بين المكانين فتكون السرعة ، لكن ذلك يقتضى وجود ساعتين إحداهما عند مكان الإرسال وأخرى عند الإستقبال ولابد من ضبطهمامعا لنعرف أنهما يدلان دلالة واحدة على طول فترة من الزمن وهذا نفسه يقتضى أن نعرف كيف نحدد الآنية لحادثين يقعان فى مكانين متباعدين – أردنا أن نحدد معنى الآنية فلجأنا إلى قياس سرعة الضوء – ثم أردنا قياس سرعة الضوء فلجأنا إلى الآنية .

افتراضات أخرى كثيرة – والنتيجة ليس فى وسعنا أبدا أن نقول عن أية حادثة تقع على الأرض أنها متآنية مع لحظة وصول الأشارة الضوئية إلى المريخ ، وهذا مايسميه أينشتين بنسبية الآنية وخلاصة القول أنه ليس فى الكون زمن مطلق بحيث نقول عن الكون كله

---

(١) د. زكى نجيب محمود : نحو فلسفة علمية ... ص ٣٥٦ الأنجلو – ١٩٥٦

(٢) محور الزمن له اتجاه واحد وهو الأتجاه الأمامى ولا يرجع إلى الوراء أبدا ، ومبدأ اللارجعة Irreversability هذا يسيطر على حركة التطور فى الكائنات جميعا وتسود فيه فكرة الإحتمال – فالحالة الأكثر احتمالا تعقب حالة أقل احتمالا من غير أن ترجع إلى الوراء .

معاً أنه فى لحظة زمنية واحدة ، أى أنه كله فى آنية ، لأن هذه الآنية نفسها نسبية رغم كل هذا فإنه من الصعب على إنسان الأرض أن يتقبل الفكرة القائلة بأن هذه اللحظة التى نسميها « الآن » لاتشمل الكون بأسره . فليس لدينا معيار ثابت للزمن يمكن أن يقيس زمن أى حادثة تحدث يقول **برتراندرسل** : الظاهر أن الزمن الواحد الشامل لكل شيء هو تركيبة (عقلية) شأنه فى ذلك شأن المكان الواحد الشامل لكل شيء ، حتى لقد أصبح علم الطبيعة نفسه على وعى بهذه الحقيقة خلال المناقشات التى دارت حول النسبية .

نسبيـــة المـكان Space Relativity

سأل أينشتين نفسه ، هل يمكن تقدير وضع أى شيء فى المكان ؟ وهل يمكن الاثبات المطلق بأنّ جسما يتحرك وجسما آخر ثابت لايتحرك ؟ راكب يمشى على ظهر سفينة فى عرض المحيط .. لو أردنا أن نقدر موضعه فسوف نحاول أن نقيس مكانه بالنسبة لمقدمة أو مؤخرة أو وسط السفينة فنقول أنه على بعد كذا من مقدمة السفينة .. ولكن هذا التقدير خاطىء لأن مقدمة السفينة ليست ثابتة وإنما هى تتحرك مع السفينة التى تتحرك بأكملها فى المحيط .

إذن نحاول معرفة موضعه بالنسبة للأرض فنقول انه عند تقاطع خط طول كذا بخط عرض كذا – لكن هذا التقدير خاطىء أيضا لأن الأرض بأسرها تتحرك فى الفضاء حول الشمس – والشمس تتحرك مع مجموعتها الشمسية كلها فى الفضاء وهى لاتعدو أن تكون جزءا من مجرة هائلة .. وحتى بافتراض أننا أحطنا بكل مجرات الكون – لن يمكن تحديد المكان لأن الكون كله فى حالة تمدد ... ولا سبيل لمعرفة المكان المطلق لأى شيء فى الفضاء .. وإنما نحن فى أحسن الأحوال نقدر موضعه النسبى إلى كذا وكذا،أما وضعه الحقيقى فمستحيل معرفته – لأن كذا وكذا فى حالة حركة هى الأخرى . لقد تبين لأينشتين أن البعد بين نقطتين على سطح الأرض قد يكون حقيقة مطلقة يسهل على أهل الأرض الاتفاق عليها – ولكن ما معنى البعد بين نجمين يبعد كلا منهما عنا بملايين من الأميال وهل يمكن أن نفترض أن سكان الأرض وسكان كوكب آخر سيقفان لامحالة على مقدار هذا البعد . إن النظرية النسبية لأينشتين لكى تصل إلى كمال القوانين الفيزيائية ضحت بمبدأ القول بالزمان المطلق ومبدأ القول بالمكان المطلق – كما وجد من الضرورى أن يسلب كلا من الزمان والمكان استقلاله واطلاقه بحيث يختلف مشاهدان على مقدار البعد بين نجمين أو على الفترة الزمنية بين حادثين .

تجربة ميكلسون ومورلى أهم أسباب وضع النظرية الخاصة للنسبية :

قام ميكلسون ومورلى Michelson & Morley فى ولاية كليفلاند بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٨٨١ بتجربة حاسمة مبدأها بسيط للغاية -- إذا غادر شخصان مكانهما وانطلق أحدهما فى اتجاه الآخر -- فلابد أن يلتقيا بأسرع مما لو ظل أحدهما فى مكانه بانتظار الآخر .

قاما العالمان ببناء جهاز حساس للغاية لدرجة أنه يقدر أى فرق فى السرعة ولو بلغ جزءا من ميل/فى الثانية رغم كبر سرعة الضوء وقد سموا هذا الجهاز باسم جهاز التداخل Interferometer ويتركب من عدة مرايا مرئية بحيث أن شعاع الضوء يمكن أن ينشطر إلى شطرين ويتجهان فى وقت واحد إلى اتجاهين متضادين ومن ثم أجرى العالمان تجربتهما التاريخية ببالغ الدقة والإحكام ووصل الشعاعان معا فى وقت واحد بالضبط ولم يظهر أى فارق زمنى .

وقد أعيدت التجربة عدة مرات فى أزمنة وأمكنة مختلفة وكانت النتيجة واحدة لا تتغير أى وقع ما لم يكن فى الحسبان وهو أن الضوء ينتشر بسرعة واحدة سواء كان فى اتجاه حركة الأرض أم عكس اتجاهها « وأنه لافرق بين سرعتى الضوء فى الاتجاهين » .

نسبية الحركة وسرعة الضوء :

كان من نتيجة التجربة أن جابهت العلماء صعوبتين : إمّا أن يستبعدوا نظرية الأيثير رغم أنها فسرت كثيرا من الظواهر فى الكهرباء والمغناطيسة والضوء ، وإما أن يخالفوا نظرية دوران الأرض،ونشأت بذلك مشكلة خطيرة انقسم فيها العلماء إلى قسمين متعارضين لمدة ربع قرن -- إلا أن هذه التجربة سددت ضربة قاصمة لفكرة المطلق فى الطبيعة فالأحوال والأبعاد أمور نسبية -- كان أينشتين ممن ساهموا فى حل الإشكال الناتج عن تجربة ميكلسون ومورلى فقد أدرك بنظرة ثاقبة كون سرعة الضوء لاتتأثر بحركة الأرض فهى حقيقة ولابد من اعتبارها قانوناً عاماً . إذ أنه إذا كانت سرعة الضوء ثابته بالنسبة لحركة الأرض -- فلابد أن تكون ثابته أيضا بالنسبة لحركة الشمس أو القمر أو النجوم أو أى جسم آخر متحرك فى الكون ، ومن ذلك استنبط أينشتين تعميما أوسع وأكد أن قوانين الكون واحدة لكل الأجسام المتحركة بسرعة منتظمة وهذا القول البسيط هو روح النظرية النسبية الخاصة والتى جمعها فى منطوق قانون أساسى هو « أن كل ظواهر الطبيعة وكل قوانينها واحدة لكل الأجسام التى تتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة إلى بعضها البعض » .

هكذا أوضحت تجربة ميكلسون ومورلى[1] أن ظاهرة انتشار الضوء لاتتناقض على الإطلاق مع مبدأ نسبية الحركة بل توجد معه فى تناسق واتساق كاملين .

وقد اتضح أيضا أن مبدأ نسبية الحركة يؤدى بشكل مباشر إلى نسبية السرعة إلا أن سرعة الضوء لاتتغير وبالتالى فهى ليست نسبية وإنما مطلقة .

نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن :

توصل لورانتز قبل اينشتين بعشرة أعوام إلى أن التقلص فى جميع الأجسام يكون فى اتجاه سرعتها وكلما كان الجسم سريعا زاد تقلصه[2] (انكماشه) (ساعده فى البحث فتزاجيرالد Fitzgerald . لو طبق هذا الكلام على قطار طولى يزيد أو ينقص تبعا لسرعته ولنفرض أن طوله عندما يكون واقفا ٣٠٠ متر فإذا سار بسرعة ١٠٠ كيلو متر فى الساعة فإن الفرق بين الطولين لايزيد عن جزء من بليون من المللى متر .

ولكن لنفرض أن هذا القطار أمكنه السير بسرعة خيالية تبلغ ١٠٠٠ كيلو متر فى الثانية فإن النقص فى طوله يصل إلى ١,٧ مللى متر وإذا استرسلنا فى الخيال لنقول أنه إذا بلغت سرعته ثلث سرعة الضوء فإن النقص فى الطول يصل إلى ١٧ متر وأخيرا يدلنا الحساب إلى أن طول القطار يتلاشى تماما أى يصبح صفرا - إذا سار بسرعة الضوء وبمعنى آخر أن سرعة الضوء هى أكبر سرعة يمكن الوصول إلى معرفتها فى هذا الكون وإن كانت ثابته لاتتغير إلا أن كل القياسات للزمان أو المكان تختلف تبعا لسرعة النظام الذى تتحرك فيه والمعادلة الرياضية التى بها يمكن حساب تلك الاختلافات تعرف بتحويلات لورانتز . وهذه المعادلة دون الخوض فى تفصيلاتها الرياضية المجردة - تبين لنا نسبية الكتلة وتقلص الأطوال وتباطؤ الزمن .

---

(١) اعتمدت فى عرضى لهذه التجربة على المراجع الآتية :

Bergmann, P., **Introduction to the theory of relativity.** New York, Prentice Hall, Inc 1942

الفصل الثالث من هذا الكتاب يحتوى على مقال عن قواعد النظرية النسبية المستخلصة من تجربة ميكلسون مورلى فى الظواهر الضوئية .

(٢) Dampier Sír W., **A History of scirnce.** The macmillan Co., New York 1949 pp.416-428

الصفحات من ٤١٦ - ٤٢٨

العلاقة بين الكتلة والطاقة :

أوغل أينشتين فى استنتاجاته الخاصة بنسبية الكتلة حتى وصل إلى أن كتلة الجسم المتحرك تزيد بزيادة حركته ولما كانت الحركة صورة من صور الطاقة (طاقة حركية) فالكتلة المتزايدة للجسم المتحرك هى أذن طاقته المتزايدة وبكلمة واحدة الطاقة هى كتلة . وانتهى إلى المعادلة

الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء :

تقدم لنا هذه المعادلة الكثير من أسرار الفيزياء النووية وتكشف لنا حقائق أساسية عن الوجود الفيزيائى – فقبل نظرية النسبية كان العلماء يعتبرون الكون وعاء فيه عنصران متميزان هما « المادة والطاقة » العنصر الأول ساكن ويمكن لمسه ومن أكبر خصائصه أن له كتلة والعنصر الآخر عنصر فعال نشيط غير مرئى ولا كتلة له .

فجاء أينشتين وأعلن أن الكتلة والطاقة متعادلتان . فما الكتلة إلا طاقة مركزة وبعبارة أخرى أن المادة مكونة من الطاقة ، والطاقة مكونة من المادة وكل منهما حالة عارضة موقوته بظروف معينة فحين تتحرك المادة بسرعة الضوء نسميها طاقة أو إشعاعا وإذا همدت الطاقة يمكن إدراك كتلتها فنسميها مادة[1]. كما تشرح وتفسر لنا هذه المعادلة كيف تشع الشمس والنجوم الحرارة والضوء مليارات من السنين . دون أن تفقد كتلتها تدريجيا – لأنها فى الواقع تزداد كتلتها فى حدود نتيجة حركتها المتصلة وسرعتها الزائدة وهكذا دمج أينشتين قانون بقاء المادة وبقاء الطاقة عند نيوتن فى قانون واحد أسماه قانون بقاء الكتلة والطاقة .

خلاصة قوانين النظرية الخاصة للنسبية :

يطلق على قوانين أينشتين الخاصة بالحركة والمبادىء العامة فى نسبية المكان والزمان والكتلة والنتائج المتضمنة فيها بنظرية النسبية الخاصة والتى تتلخص فى الآتى :

---

(١) د. على مصطفى مشرفة : النظرية النسبية الخاصة لجنة التأليف والترجمة والنشر القاهرة ١٩٤٥ ص ٤٠ – ٤٣

وأيضا : Barnett, **Relativity & Dr Einstein.** pp.61-65

Pollard. E., Davidson, **Applied nuclear Physics.** Johnwiley sons New York 1942

الفصل الخامس يناقش الكتلة والطاقة فى التفاعلات النووية المنتجة للطاقة .

فى عام ١٩٠٥ وكان أينشتين فى السادسة والعشرين من عمره نشر بحثا استهله بنقاط خمس :

١ - انكار وجود شيء اسمه « الأيثير » تتحرك الأجسام بالنسبة إليه حركة مطلقة إذ لو كان موجودا لأمكن اكتشاف آثاره .

٢ - هاجم الفكرة السائدة عن المكان منظورا إليه كاطار ساكن مطلق يمكن التمييز فيه بين حركة مطلقة وحركة نسبية .

٣ - أعلن أن سرعة الضوء يجب أن تكون واحدة ثابته ولو لم تكن ثابته لما وصل الشعاعان فى تجربة ميكلسون ومورلى معا فى وقت واحد . فسرعة الأرض لاتزيد من سرعته ولا تنقصها .

٤ - النجوم والسدم والمجرات لاتعرف السكون وحركاتها لايمكن وصفها إلا بنسبة بعضها إلى بعض ، إذ ليس فى الفضاء اتجاه أولى من اتجاه ولا حد أولى من حد ، وليس فيه نجم كبير ونجم أصغر ونجم سريع ونجم بطىء ونجم عال ونجم واطىء بل فيه نجم أكبر من نجم ونجم أسرع من نجم ونجم أعلى من نجم فالمكان هو نظام علاقة الأشياء بعضها مع بعض فإذا لم يكن فيه شيء لم يكن شيئا .

٥ - أن الضوء هو الوسيلة الوحيدة لنقل ظواهر الطبيعة من مكان إلى آخر ، ولما كانت سرعة الضوء محدودة وليست لا نهائية فالزمان نسبى لأن الضوء ينقل الحوادث من مكان لآخر يستغرق وقتا ، إذن فلكل عالم زمانه المحلى الخاص به والزمان ليس إلا نظام الحوادث[1]. وقد ألح اينشتين على فكرة ذاتية الزمان .

أثبتت النسبية الخاصة أنه لايوجد معيار ثابت نحدد بفضله مكان شيء ما ،

(١) الحادثة : The Event

تصور الحادثة فى علم الطبيعة المعاصر هو تصور العلماء المعاصرين أصحاب نظريات النسبية والكوانتم للمادة . كانت الحادثة تفنى قبل هذا التصور المعاصر أى شيء يحدث فى وقت ومكان محددين مثل انفجار قنبلة أو لمعة ضوء أو وصول موجة ضوئية إلى جسم ما . أما الآن فتصور المادة تنحل إلى ذرات والذرة تنحل إلى مكونات أساسية كالالكترونات والبروتونات وغيرها وينحل كل من هذه إلى مجموع حوادث . وليس الجسم إذا سوى مجموعة حوادث . ومايحدث فى لحظة واحدة .. هو الحادثة ، والعمليات الفيزيائية نسيج من حوادث ترتبط ببعضها بعلاقات علية فتؤلف وحدة لانرى حوادث ، وإنما نستدل عليها من وجود آثارها على العين ، أو من صور شمسية ، وما نعرفه عن الحوادث ليس إلا قوانينها الرياضية ، ومن ثم فلم تعد المادة شيئا ، وإنما خصائص رياضية لعلاقات بين تركيبات رياضية معقدة مؤلفة من حوادث .

راجع د. محمود فهمى زيدان / فى بحث غير منشور يجرى الآن طبعه

ولا أن نحدد المسافة بين جسمين ، ولا معيار ثابت يمكننا بفضله أن نحدد الفترة الزمنية لوقوع حادثة ما على مستوى الكون كله . وإنما المكان والزمن والمسافة والحركة كلها نسبية ولذلك تحديد وضع أى كوكب أو نجم أو تحديد زمن حركة . كلها أمور نسبية .

نعم لدينا معيار نموذجي لقياس الأبعاد المكانية التي تحدث بين الأجسام على الأرض والفترات الزمنية لحدوث الحوادث على الأرض لكن هذه الوحدة القياسية تختلف إذا كنا نتحدث عن حركات أو حوادث على الشمس ، ووحدة مقياس ثالثة إذا كنا نتحدث عن مجرات أبعد من الشمس هكذا .

كذلك الحركة لامعنى للحديث عن حركة الأرض حركة مطلقة وإنما حركة الأرض بالنسبة للشمس وحركة الشمس بالنسبة للنجوم وهكذا ...

والسرعة فى الحركة نسبية لأن السرعة مرتبطة بالحركة والحركة تغير الوضع بالنسبة لجسم ما ؛ المكان والزمن ثابتان فى وسط مكانى واحد لكن يختلفان إذا انتقلنا من وسط مكانى إلى آخر يتحرك بسرعة مختلفة .

لعل أينشتين كان يتساءل كيف نحدد مكان شيء ما - لكى نحدده يجب أن نحدده بالقياس إلى شيء ثابت ، لكن الكواكب والنجوم ليست ثابته لأنها تدور حول بعضها بسرعة أكبر من سرعة حركة الأرض حول الشمس . ويقال نفس الشيء على فترات الزمن . حين نقول أن نجم الشعرى اليمانية **Sirius** يستغرق الضوء الصادر منه ٨,٦٥ سنة حتى يصل الأرض ، معنى هذا القدر من السنين بمقاييسنا الأرضية ، لكن ليس لدينا حق فى القول أن هذا المقياس هو الزمن الحقيقى . وإذن لا زمن أصدق من زمن . والزمن الحقيقى لعين وجود جسم فى حالة سكون فى المكان ، لكن لا معنى لوجود جسم ساكن . توجد أزمنة محلية أو نسبية بقدر ما توجد مجموعات من الأجرام السماوية تتحرك فى المكان . فمحال أن نحدد مكان حادثة فى زمن ما بطريق مطلق .

الفلك كعلم طبيعى معاصر

الفلك من أقدم فروع المعرفة إطلاقا ، وربما كان هو أصلها قبل أن تتفرع إلى فروع وارتباطه وثيق بمراحل التطور الفكرى للإنسان وحضارته ...

ولما كانت النظرية العامة للنسبية فى اجمالها تتناول عالم الكيانات الفلكية المتناهية فى الكبر Macrophysics فى الفضاء الكونى الفسيح بما يشمله من كواكب ونجوم ومجرات وسدم ... ألخ رأيت أن أقدم لهذه النظرية العميقة بموجز تاريخى لتطور علم الفلك وبمقتطفات عن الكواكب والنجوم وما توصل إليه العلماء بهذا الخصوص عن الأرض والمجموعة الشمسية والقمر كتابع للأرض ليكون ذلك مدخلا سليما لتناول النسبية العامة .

موجـز تاريخـى لتطـور عـلم الفـلك :

إذا تتبعنا الرحلة العلمية للعقل الإنسانى ، سوف نلمس علامات على طريق مسيرته الكبرى للتعرف على هذا الكون ، تعرفا علميا إنسانيا من نتائج العقل البشرى .

كانت الحضارة المصرية القديمة من أولى حضارات الإنسان ، ومعها عرف الإنسان الكثير من أسرار السماء . ففيها عرف الإنسان التقويم والفصول الزمنية وشكل الأرض وبجانب معارفه تلك ، تطلع إلى النجوم والكواكب ، وكأنها لآلهته مستقراً وسكناً . ولنضرب لذلك مثلا بنجم الشعرى اليمانية Sirius الذى أعتبر مقراً للإله (أنوبيس) ، الإله المكلف بحساب الموتى وألمع نجم فى السماء . كما أن الفراعنة كانوا يعتبرون الأرض مركزا لكل هذا الكون الكبير . ثم جاء البابليون بحضارتهم ، فكانوا يربطون بين الكواكب وبين مصائر البشر . ولعل ذلك سببا فى أنهم شيدوا برج بابل من طبقات سبع ، كل طبقة منه تمثل كوكباً ، يتردد فيه كهنته ، وكذلك نشأ التنجيم ونشأت العرافة . ثم جاء بعدهم فلاسفة اليونان القدامى ، منذ أن كانت لهم فوق الأرض حضارة . ونهض علماء الفلك إفدرسوا بالمشاهدة حركة الأجرام السماوية . وهنا ظهرت بعض الاختلافات عمن سبقوهم ، إلا أن الأرض ظلت فى نظرهم مركزاً للكون بأجمعه . ولقد كان الإغريق بحق ، هم أول من تركوا كتباً فى العلم الطبيعى . فى كتبهم الإعتقاد بأن الأرض قرص مستدير مركزه بلاد الإغريق ، وأن هذا القرص فى حقيقته يطفو فوق الماء ، كما قال بذلك « طاليس » Thales الفليسوف اليونانى وحيث ولدت لأول مرة الفلسفة الطبيعية ثم كانت بعد ذلك نظرية « فيثاغورس » Phythagoras تقول : أن الأرض كروية . ولقد جاء ذلك القول استخلاصا من مشاهدة ظل الأرض المتكور على سطح القمر أثناء خسوفه . وأن الأرض تدور دورة كاملة فى كل أربع وعشرين ساعة حول مركز ثابت هو النار المركزية Central Fire

كان « فيثاغورس » أسبق من قالوا بكروية الأرض ، وبحركتها على الإطلاق . كما ادعى الفيثاغوريون وجود أجرام تسعة سماوية لها ذات المركز . ثم هناك بعد ذلك جسم عاشر أسموه « الانتيخثون » أو الأرض المضاءة المواجهة لأرضنا ، يعقب ذلك فى مسيرة العقل البشرى علمياً نحو كمال الإدراك ظهور الفيلسوف العالم « أرسطو » Aristotle ، وتصوره للنسق الكونى على أساس من التجربة البسيطة والمشاهدة ، وهو يبنى فلسفته على أساس قوله : أنه إذا ما أوقدت ناراً ، تصاعد منها اللهب عاليا خلال الهواء .. وأنك إذا ما هززت أرضا (تراباً) وماء وهواء فى وعاء مقفل ثم تركته برهة شاهدت فقاقيع الهواء تتصاعد فوق السطح ، وأما الأرض (التراب) فتسقط حيث القاع . ثم هو يخلص من بعد ، إلى أن الأرض بناء على ذلك تكون أثقل العناصر الأربعة ، ويكون مقرها بداهة هو القاع . « قاع هذا الكون » ونتيجة لفلسفته تلك التى يشترك بها مع رأى أنكسمندريس Anaximanders فالأرض لابد أن يكون مكانها المركز ، وأن تكون هى مركز الكون ثابتة ، وأن تتحرك الكواكب والنجوم من حولها حركات سنوية .

وينتقل بعد ذلك مركز العلم الإنسانى ومعقل الفكر البشرى فى مسيرته الكبرى إلى أرض الاسكندرية القديمة وجامعاتها المشهورة آنذاك ، فيما يسمى بالعصر الهيلليني ، وفيها يرى « أرستارخوس » Aristarchus الساموسى الشمس مركزا للكون بدلاً من الأرض . وأن الأرض والكواكب تسبح من حولها فى أفلاك .

ولقد أثبت أن الأرض تدور حول محورها مرة كل ٢٤ ساعة وحول الشمس مرة كل عام . وأن الشمس لا الأرض هى مركز الدوران وهى ثابته لاتتحرك .

ويستمر ازدهار العلم السكندرى القديم ، ويخرج من بين علماء جامعتها هيبارخوس Hipparchus ليقول بنسق آخر للكون تدور فيه الشمس حول الأرض ، وفى تلك يتمركز بعيدا عن مركز الأرض ذاتها وأن الحركة الظاهرية للشمس ، إنما تنتج من دورانها حول فلك آخر .

ولقد توصل الهنود الأقدمون كذلك بعلمهم إلى أن الأرض كروية وغير ثابته . إذ يقول عالمهم « أربابهاتا » Arba - Bahata أن الأرض بدورانها ، هى التى تحدث كل يوم ظهور الكواكب والنجوم من الشرق واختفائها فى الغرب .

ثم فى الاسكندرية أيضا نشر « بطليموس » C. Ptolemy كتابه القيم الذى ترجمه إلى العربية ثابت بن قرة[1] فى القرن الثامن تحت اسم « المجسطى » وفيه يعود ليجعل الأرض

(١) **ثابت بن قرة** (٢٨٨ - ٩٠٠ م) نبغ فى الطب والرياضيات والفلك والفلسفة ووضع فيها جميعا

مركزا للكون ساكنة ثابتة ، ومن حولها الكواكب والنجوم تدور بانتظام . ثم جاء بعد ذلك من بين الهنود من خالف عالمهم « أريابهاتا » ولكنه خالفه فى القول متأثرا فيما يبدو ببطليموس السكندرى إذ تراه يقول بثبوت الأرض ودوران الشمس .

وللعرب أيضا دور فى مسيرة العلم هذه ، بعد أن ورثوا الحضارات القديمة منذ الفتح الاسلامى وإنا لنجدهم قد سلموا جميعا بكروية الأرض وان اختلفوا فى مسألة حركتها . ومن علماء العرب فى ذلك الشأن ، أبو الريحان[1] البيرونى الذى يقول : إنّ النظريتين — نظرية الثبوت أو الحركة نظريتان متكافئتان بكانيهما تتفسر الأرصاد الجوية ، وأنه لمن الصعوبة بمكان ترجيح إحداهما على الأخرى . كذلك فى النصف الثانى من القرن الرابع الهجرى ، نجد الفلكى العربى « أبا سعيد بن عبد الجليل السنجرى » من بين من قالوا : أنّ الأرض متحركة . وأنّ الكون بما فيه السبع السيارة ثابت .

بعد ذلك كانت رحلة مجلان Magellan المشهورة فى عام ١٥١٩ حول الأرض ، ثم الكشوف البحرية فى المحيطات والبحار مما حفز المشتغلين بعلم الفلك إلى مزيد من الدراسات عن الكون الغامض ولكنه أوحى إلى الفكر الأوروبى أن يؤثر العقيدة والإيمان على الفهم والتطلع .

ثم فى عام ١٥٤٣ وضع الفلكى كوبرنيق Copernicus نظريته التى كانت بمثابة ثورة على النظريات السابقة إذ أعلن فيها أن الشمس هى الثابته وأن الأرض متحركة ، وأن الشروق اليومى إنما هو نتيجة لدوران الأرض حول محورها مرة كل يوم من الغرب إلى الشرق . ولما كانت العقيدة والايمان قد أصبحتا لهما السيطرة الكاملة على العقل فى ذلك العصر ، فلقد لاقت تلك النظرية معارضة قوية ، إذ يكفى أن يقال فيها أن الأرض تتحرك ، حتى يكون لهذا القول دويه ، كيف لا وهى تناقض ما ورد فى كتب الفلاسفة من الإغريق القدماء . وماهى محاكمة الكنيسة لجاليليو Galileo فى أوائل القرن السابع

= مؤلفات قيمة — حسب طول السنة النجمية فكانت أكثر من الحقيقة بنصف ثانية . من كتبه فى الفلك « كتاب فى تسهيل المجسطى » وآخر « فى المدخل إلى المجسطى » وثالث « فى علة الكسوف » ورابع « فى أشكال المجسطى » وخامس « فى حركة الفلك » .

(١) **أبو ريحان محمد بن أحمد البيرونى** (٩٦٣ — ١٠٤٨ م) الفلكى والعالم العربى صاحب كتاب « القانون المسعودى فى الهيئة والنجوم » كما كتب رسالة أخرى عنوانها « التفهيم لأوائل صناعة التنجيم »

راجع : د. محمد جمال الدين الفندى . « الفضاء الكونى » المكتبة الثقافية العدد ٣٧ سنة ١٩٦١ ص ٤

أيضا : د. عبد الحليم منتصر . « تاريخ العلم » دار المعارف ١٩٦٩ ص ١٣٧

عشر عندما دافع عن تلك النظرية . تدل دلالة واضحة على المدى الذى بلغه الكبت فى ذاك العصر . ولكن أنظر إلى كوبرنيق يدافع عن نظريته فيقول : « فى هذا المعبد الكبير من ذا الذى يستطيع أن يضع تلك الشعلة المضيئة فى مكان آخر سوى المركز ، حيث تضىء كل الأشياء فى وقت واحد . فهذه الشمس هى نور العالم بل هى روحه ، بل هى التى تتحكم فيه وهى جالسة على عرشها القدسي . ترشد أسرة الكواكب جميعها إلى طريقها » . وتعد هذه النظرية حدا فاصلا بين الفكر المقيد والفكر المنطلق ، وهى عتبة من عتبات عصر العلم الطبيعى الحديث . كيف لا وهو يعتبر أن الأرض ليست سوى كوكب ضئيل لنجم صغير فى جسد لانهائى من النجوم . وأن قولاً كهذا القول ، وفى عصر كذاك العصر لهو الفكر الصادق وهو المنطلق بعد ذلك لعلماء كبار من أمثال كبلر Kepler الذى أعلن قوانينه عن حركات الكواكب والتى استخدمها نيوتن Newton بعد ٧٥ عاما فى الوصول إلى نظريته المشهورة عن الجاذبية . ثم بعد ذلك ، والعلم مسيرة بدأت بخطوة أعقبتها قفزات ، جاء العالمان ليفرييه Liverier فى فرنسا وآدمز Adams فى إنجلترا وبمساعدة قوانين الجاذبية تلك ، استطاعا أن يفتشا فى الكون ويخرجا لنا كوكبا جديدا من بين مالا حصر له من الكواكب غير المعروفة بعد ، وسمياه نبتون Neptune — كوكب لم يكن معروفا من قبل ليضاف إلى رصيد البشرية عن معرفة الكون . أكتشفاه بمجرد الحساب وعلى الورق ، ثم بالتطبيق العملى لتقديراتهما وحساباتهما شوهد الكوكب فعلا فى مرصد من مراصد برلين . فى ليلة الثالث والعشرين من شهر سبتمبر ١٨٤٦ ، كما كان متوقعا ، وكما حدده مكتشفاه على الورق تقريبا . وفى نهاية القرن التاسع عشر ، أُدخل التصوير الفوتوغرافى فى علم الفلك . وكان ذلك بداية ثورة فى الدراسات الفلكية .

توالت الدراسات لتكشف عن النجوم والكواكب فى حنايا الكون الغامض . ولتكشف لنا عن آفاقه الرحيبة ونظامه البديع سبحان مدبره الأعظم . وكانت أقرب المحاولات الملموسة لنا فى مصر هى ما أدت إلى إمكان تصوير كوكب جديد فى التاسع عشر من شهر مارس ١٩٣٠ ذلك هو الكوكب بلوتو Pluto الذى شارك العالم المصرى المرحوم الأستاذ الدكتور محمد رضا مندور بأعماله فى مرصد حلوان .

وقد ثبت أن المسافة بين النجوم والكواكب فى عالمها الكبير لاتقاس بوحدات القياس العادية . على سطح الأرض ، ونعنى بها الكيلو متر والميل مثلا — بل بوحدة قياسية أخرى هى الوحدة الفلكية للمسافة وهى عبارة عن المسافة المتوسطة بين الشمس والأرض وطولها (١٤٩,٥)[1] من الكيلومترات كما أنه قد تستخدم السنة الضوئية مقياسا كونيا . وهذه الوحدة هى المسافة التى قطعها الضوء فى سنة كاملة بسرعته المعروفة ١٨٦,٠٠٠ ميل/ثانية .

المجموعة الشمسية : Solar System

نحن فوق كوكب صغير من بين مجموعة من المجموعات الكونية تسمى المجموعة الشمسية[1]... وهذه واحدة مما لاعد له من المجموعات الكونية . يتطلب فهم الكيفية التي تجمعت بها تلك المجموعات الإلمام بالكثير من فروع العلوم الطبيعية المعاصرة كالنظرية الحركية للغازات والديناميكا الحرارية والنشاط الإشعاعي ونظرية الكوانتم[2].

إن المسافة التي تفصل المجموعة الشمسية – التي نحن البشر فوق أحد أفرادها – عن أقرب النجوم إلينا هي مسافة تساوي ٤,٣ سنة ضوئية[3]، مسافة جد كبيرة ، فما عالم المجموعة الشمسية إلا جزءاً صغيرا جداً من هذ الكون . في هذا الفضاء اللانهائي الغير محدود بعلمنا والمحدد بعلم الله،والنجوم غير مستقرة في الفضاء الكوني ، ولا هي ثابته ساكنة . إنما هي تنتقل فيه وتتحرك بسرعة تبدو لنا صغيرة بسبب بعدها العظيم . تماما كما تبدو سرعة الجبال البعيدة لراكب القطار إذا ما قورنت بسرعة أعمدة التلغراف القريبة ، وهي تمر أمام الراكب في سرعة خاطفة .

حقا أن عظمة الكون . لايمكن أن تخطر على عقل بشر عادي ، ففيه ملايين السدم بكل سديم Nebula ملايين النجوم Stars ولكل نجم من تلك النجوم العديد من الكواكب والتوابع Satellites ومع كل هذه الكثرة والحشد الهائل من نجوم وكواكب ومذنبات Comets يبدو الكون بعد ذلك أمام عيوننا ومناظيرها . وأمام كل ماتوصل إليه العقل البشري من اختراعات يبدو فارغا أو هو كالفارغ ، ولقد شبه أحد العلماء زحمة الكون بهذه الأجرام السماوية العديدة والمختلفة الحجوم ، بأن تصور وجود عدد من ثمار البرتقال مثلا واحدة في كل من قارات الأرض وأما ما بين هذه الثمار من مسافات فإنما هو المسافات بين القارات . فإذا ما تصورنا أن هذه الثمار ستتحرك في أي اتجاه على سطح اليابسة ، فهل هناك ثمة احتمال في أن تتلاقى تلك الثمار أو تصطدم وكذلك هو الكون العظيم . فضاء فارغ رغم بلايين الأجرام السماوية ، لما يفصل بينها من مسافات شاسعة

(١) إذا أخذنا المسافات الكونية معياراً للقياس بدت الأرض والنظام الشمسي بأكمله شديدي الضآلة ذلك أن هذه المسافات تقاس بالسنوات الضوئية . وهي المسافة التي تعطيها الضوء في سنة أي حوالي ١٠ مليون مليون كيلو متر . ويتكون النظام الشمسي من الشمس والمواد التي تدور حولها . الكواكب والأقمار والكلويكبات والنيازك والمذنبات والغاز والغبار . وتدور معظم هذه المواد حول الشمس في اتجاه واحد وعلى نفس المستوى .

(٢) سيمون وسكاتر ، وآخرون . الأرض كوكب ترجمة د. علي علي ناصف مراجعة د. مصطفى كامل الألف كتاب العدد ٣٥٨ سنة ١٩٦٧ ص ١٤

(٣) سنه الضوئيه هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنه = ٦ مليون مليون ميل

وبعض النجوم التى نراها ساطعة فى غسق الليل ، إنما تبعد عنا مئات الألوف من ملايين الأميال وأن بعضها فيما يقال ، لم يصلنا ضوؤه بعد . لم يصلنا ضوؤه منذ كان فى بدء الخليقة . ولو رجعنا إلى سرعة الضوء فى الثانية الواحدة ونحسب ونحدد المسافة إن أردنا . ولا يعد الفضاء البعيد فراغا بأى حال من الأحوال . فلقد اتفق الفلكيون على أن فضاء ما بين السيارات الكونية ممتلىء بغاز رقيق للغاية ، مكون من جزيئات يدور كل منها حول الشمس فى مدار خاص به . كما توجد أيضا جسيمات من التراب ، وكأنها سيارات ضئيلة وصغيرة وهى ما ترى فى ظروف متاسبة مكونة لما يعرف بشفق البروج ، ذاك الضوء الخافت الذى ينبعث من الشمس ويمتد فى المستوى الذى تدور فيه السيارات أو الكواكب مكونا تلك البروج . والتراب والغاز هما المادة التى تكونت منها السيارات والكواكب أصلا . وعندما تكونت المجموعة الشمسية مثلا ، تخلف التراب والغاز كما تتخلف أوراق الزرع بعد تقليم الأرض . بعناية . كذلك فان الفضاء بعيد عن حدود المجموعة الشمسية ، ليس أيضا فراغا إذ ربما تكون كمية المادة الموزعة فى فضاء ما بين النجوم تعادل كمية المادة التى تتكون منها كل النجوم مجتمعة بل أنه ليقال أن الفضاء الكونى فيما بين المجموعات النجمية ، ذاك الفضاء المظلم الرهيب الذى يفصله عن أقرب نجم لنا عشرات الآلاف من السنين الضوئية توجد فيه على ما يقول العلماء ذرات متفرقة ومتباعدة معظمها من غاز الأيدروجين . وتذهب احدى النظريات الوضعية عن نشأة الكون ، والتى تعرف بنظرية الخلق المستمر للعالم الفلكى الروسى أوتوشميث Otto schmidt إلى أن ذرات الأيدروجين تلك تخلق على الدوام من أعماق ذاك الفضاء البارد الساكن المظلم الرهيب ، والموجود بين المجموعات النجمية الكثيرة فى اتساع هذا الكون . وهى تأتى على ما تقول به تلك النظرية من مصدر مجهول وبطريقة أيضا مجهولة وفى مدى يبلغ عدة بلايين من السنين ، حيث تتجمع تلك الذرات وتتكاثف بالتدريج مكونة نجوما ومجموعات نجمية .

ولقد وجد أنه فى فضاء ما بين الكواكب توجد جسيمات ذات حجوم كبيرة ولا يعلم الفلكيون حتى اليوم متوسط عدد تلك الجسيمات الكبيرة التى يحتويها الميل المكعب من الفضاء والتى تسمى بصخور الفضاء وهى متفاوتة فى الحجم والتركيب من التراث الناعم إلى النجيمات الصغيرة . وعلى فترات متباعدة يصطدم بجو الأرض واحد من تلك الأجسام الصغيرة أو الكبيرة مندفعا فيه إلى مئات الأميال وكأنه قذيفة سريعة مشتعلة يزيل احتكاكها به معظم مادتها فيحيلها أحيانا إلى تراب وغاز من جديد وأحيانا أخرى تصل القذائف إلى الأرض . فتكون عينات فريدة للمادة الموجودة فى الفضاء الكونى وما بين السيارات . ذلك يبلغ علم الانسان وما أوتى من العلم إلا قليلا .

النجـــوم والكواكـــب Stars & Planets

إذا نظرنا إلى السماء نهارا لا نرى الا الشمس – وإذا تأملنا السماء ليلا وجدناها تزدان بالنجوم التى لاتتساوى فى حجمها ودرجة لمعانها ، تجيء من الشرق وتذهب من الغرب جميعها تمر بالنجم القطبى كما يسميه الفلكيون . وهذه النجوم لاتتجاوز السته آلاف نرى نصفها بالمقربات Telescopes ليلا والنصف الآخر لاترى لشدة الشمس . منظر النجوم بالسماء يختلف باختلاف الراصد ومكانه وزمانه من سطح الأرض – فالأرض كروية الشكل . إن عدد ما يمكن رؤيته بالعين المجردة ٦ ستة آلاف من الأجرام السماوية . هذه الأجرام نسميها النجوم وهى فى حقيقتها شموس من حيث طبيعة تكوينها وتركيبها وهى تبدو صغيرة بالنسبة للشمس – إلا أنها أبعد من الشمس – يصل الضوء من الشمس إلى الأرض فى $\frac{1}{٣}$ ٨ دقيقة ويصل من أقرب النجوم بعد ذلك فى أربع سنين ونصف .

يقدر ما يمكن كشفه من النجوم بواسطة أكبر مقربات فى العالم وهو مقرب « مونت بالومار » Mount Palomar بأمريكا والذى يبلغ قطر مرآته ٢٠٠ بوصة بالآف كثيرة من الملايين من النجوم . وهناك أجرام لاتتلألأ بالضوء كالنجوم وليست ثابتة فى مواقعها بل تتحرك وترسم مسارات لولبية بينها – عرفها الفلكيون على مر العصور وهى الكواكب السيارة التسعة . عطارد Mercury الزهرة Venus والأرض Earth والمريخ Mars والمشترى Jupiter وزحل Satirnويورانس Uranus ونبتون Neptune وبلوتو Pluto نراها بانعكاس ضوء الشمس على سطوحها ولها أقمار تدور حولها كما يدور القمر حول الأرض .

والأرض كوكب يدور حول الشمس – لكنها ليست الكوكب الوحيد – إذ يدور حول الشمس التسعة كواكب السيارة – تتفاوت هذه الكواكب فى أحجامها – فالمريخ أصغر من الأرض والمشترى هو أكبر الكواكب ، وبلوتو هو أبعدها عن الشمس . ولبعض الكواكب توابع Satellites تتبعها فى حركتها فالقمر يتبع الأرض وللمريخ تابعان وللمشترى إثنا عشر تابعا ولزحل عشر توابع وليورانس خمس توابع ولنبتون تابعان ..

الأرض والقمر : Earth & Moon

إذا نظرنا إلى الأرض التى نحيا عليها بالنسبة للكون المترامى ، بدت لنا وكانها ذرة من

(١) نظرية الخلق المستمر Continous Creation Theory نادى بها هرمان بوندى H. Bondi وفريد هويل Freud Hoyle فى الخمسينات مؤيدين بها أينشتين إلا أن الكون عندهم يتجدد باستمرار إذ تفنى درات ويحل محلها غيرها إلى ما لانهاية .

الصخر والمعدن ، هى الكوكب الثالث فى النظام الشمسى إذا بدأنا العد من الشمس التى تدور الأرض حولها بسرعة ٢٩,٨ كيلو متر فى الثانية وهو إتتوسط الزهرة والمريخ وتقع على أنسب مسافة من الشمس ١٤٩,٥٧٣٠٠٠ كيلو متر فهى لا تتلظى بنار الشمس ولا تتجمد فى برد بلا آخر .

الأرض كرة كبيرة يبلغ قطرها ٧٩٢٠ ميلا ومحيطها ٢٤٨٨٠ ميلا إلا أنها ليست كاملة الإستدارة إذ ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائى بمقدار ٢٨ ميلا .

استدل القدماء على كروية الأرض من رؤية قلاع المراكب المقتربة من الشاطىء قبل جسمها ، كما تمكن « ماجلان » **Magellan** من الطواف حول الأرض بمركب وعاد صحبه إلى المكان الذى بدأت منه الرحلة – وتمكن الاغريق من مشاهدة خسوف القمر – وتبين لهم أن حد ظل الأرض على القمر مقوس ، ولاينتج ذلك إلا إذا كانت الأرض كروية .

ومن البراهين الفلكية على كروية الأرض ، رؤية النجم القطبى بارتفاعات تختلف باختلاف موقع الراصد فإذا كانت الأرض مستوية لرئى النجم القطبى على ارتفاع ثابت من جميع بقاع الأرض .

تدور الأرض حول نفسها مرة فى اليوم وفى الوقت نفسه تسبح فى الفضاء حول الشمس بسرعة كبير (تقدير بـ ½ ١٨ ميل / ث) وتتم دورة كاملة فى سنة – ويبلغ متوسط بعد الأرض عن الشمس ٩٣ مليونا من الأميال أما وباطن الأرض فمازالت أجهزة قياس الاستشعار من بعد تعمل فى كل مراكز بحوث العلم المتقدمة والتى تشير إلى أن درجة الحرارة تزيد إلى الداخل بمعدل درجة مئوية كل ١٠٠ متر تقريبا.وتكوين القمر شديد الشبه بتكوين الأرض ، ويبدو من تحليل صخوره أنه يتضمن نسبة من التيتانيوم والكروم والزركونيوم أكبر مما يوجد فى قشرة الأرض ، وهو ما يوحى بأن القمر تكون بمعزل عن الشمس ، ولعله نشأ نتيجة لتجميع جزئيات جامدة أسبق زمنا . على سطحه حفر عديدة ناجمة عن سقوط المذنبات وارتطامها به ، وهناك مناطق مضيئة جبلية ترجع إلى القشرة الأصلية ، أما المناطق القاتمة فهى أحواض تكونت منذ ٣٦٠٠ مليون سنة نتيجة للتصادم وامتلأت بمصهور البراكين .

وقد دلت الدراسات المرصدية للزلازل على أن باطن الأرض يتكون من كرة ملتهبة مركزية تتكون من المعادن الثقيلة كالحديد والنيكل يعلوها طبقة من الصخور الثقيلة

يعلوها طبقة جرانيت صخرية وتقدر كتلة الأرض بستة آلاف مليون طن . وعمر الأرض الجيولوجي هو ٢٥٠ مليون سنة عمرها الفلكي ٤٥٠٠ مليون سنة .

يحيط بالكرة الأرضية غلاف هوائي يتكون في الطبقات السفلى مزيج من الأكسجين والنيتروجين بنسبة ٢٠,٩٥٪ ، ٧٨,٠٧٪ من حيث الحجم على التوالي ويمتزج مع هذين الغازين عدة غازات أخرى بنسبة ضئيلة لاتتجاوز ١٪ من حيث الحجم أهمها الأرجون وثاني أكسيد الكربون والأيدروجين والهليوم وبخار الماء وغاز الأوزون .

وقد تمكن العالم « بيكار » Beckar من الحصول على عينة من الهواء على ارتفاع ١٦ كم/متر وبتحليله لم يكتشف فرقاً يذكر بينه وبين الهواء القريب من سطح الأرض .

وهكذا يعتبر الغلاف الجوى معملا مثاليا للدراسات الفيزيائية والكيميائية المتنوعة ، فلا غرابة إذن أن يسعى العلماء إلى استكمال معلوماتهم عنه ما وجدوا إلى ذلك سبيلا ، وقد اهتم الفلكيون به إذ أن الأشعة التي تنبعث من الأجرام السماوية تخترق هذا الغلاف قبل أن تصل إلينا . أما القمر من وجهة النظر الفلكية هو جرم صغير جدا تربطه بالأرض قوة التجاذب بينهما وهو تابعها أو هو التابع الوحيد للأرض وهو أسير الجاذبية الأرضية . قطره يعادل $\frac{1}{4}$ قطر الأرض – ونظرا لصغر كتلته بالقياس إلى كتلة الأرض فقوة الجاذبية على سطحه تعادل – $\frac{1}{6}$ مقدار الجاذبية على سطح الأرض – مما يفسر أن القمر ليس له جو وبالتالي فإن الحياة على سطحه كما نعرفها لاتوجد – والقمر يواجه الأرض دائما بوجه واحد ويدور حول الأرض مرة كل شهر – أي يدور حول نفسه مرة كل شهر[1] – ولذا تظل أي نقطة على سطحه تتلظى بضوء الشمس أسبوعين كاملين وتصل إلى ما يقرب من المائة درجة مئوية – أما الأجزاء التي يحبس عنها ضوء الشمس فنجد أن البرودة تبلغ مائة درجة تحت الصفر – من أجل هذا يرى الفلكيون أن القمر عالم ميت لا حياة فيه . وقد تبين أن ظاهرة المد والجذر Tides ترجع في أساسها إلى القمر . رغم أنه كان ولايزال مصدر الوحي والإلهام للشعراء والأدباء .

الشمس والطاقة : Sun & Energy

أدرك الصينيون القدامى والبابليون والمصريون أهمية الشمس كمنبع للضوء والحرارة – وأقاموا لها المعابد واعتبروها إلهاً عظيما – رغم أنها كانت شيئا غامضا بالنسبة لهم وحتى يومنا هذا بالرغم من أن الفلكيين قد عرفوا مكان الشمس في سديم المجرة وتوصلوا إلى

(١) الشهر القمري $\frac{1}{8}$ ٢٧ يوم

د. محمد على العربي « القمر » دار المعارف ١٩٦٢ ص ١٢٦

تركيبها الكيميائى والطبيعى وبحثوا فى الطريق الذرية لفهم الطاقة الشمسية إلا أنه لازالت هناك أسرار كثيرة تحتاج إلى ارصاد ومراكز بحوث كثيرة ومتنوعة ولقد أثبتت كل بحوث المعرفة العلمية أن الشمس هى مبع الحرارة والضوء اللازمين لحياة الحيوان والنبات على السواء - وإليها يرجع الفضل كله فى بقاء الجنس بجميع أنواعه وتتضاءل أهمية الأجرام الأخرى بالنسبة إلى الأرض إذا ما قورنت بالشمس .

ومن المعروف أنه إذا بعدت الشمس أو قربت ولو بقدر طفيف عن الأرض لتغيرت كمية الطاقة التى تصلنا منها - ولكانت الطامة الكبرى لجميع الكائنات الحية . والشمس فرن ذرى يحول الهيدروجين إلى هيليوم ، فيطلق كميات هائلة من الطاقة . وهى تبعد عن الأرض بمسافة ١٥٠ مليون كيلو متراً .

وينظر الفلكى للشمس على أنها نجم متوسط الحجم أكبر من بعض النجوم الأقزام وأصغر بكثير من النجوم العمالقة - فإذا ما قارنا الشمس بالأرض فالشمس عملاق كبير - والمعروف أن كتلتها التقديرية أكبر من كتلة الأرض ٣٣٠,٠٠٠ ألف مرة - ولا يميز الشمس عن أخواتها النجوم سوى قربها من الأرض - فقد ساعد هذا القرب على دراسة سطحها ومحاولة معرفة مايجرى عليه من أحداث - بعضها ثابت وبعضها يتغير من يوم إلى يوم ومن لحظة إلى أخرى . والشمس هى التى تنظم حركة الأرض وأخواتها الكواكب وأبنائهم التوابع فهى تجذب كل هذه المجموعة بقوة هائلة - فتحافظ على سير كل منها فى مداره .

إن الشمس تسبح فى الفضاء بسرعة فائقة تبلغ ٢٢٠ كيلو متر فى الثانية ، ومن حولها السيارات والأقمار فى اتجاه النجم المعروف « برأى الجاثى » وذلك فى حركتها الدورانية نحو مركز المجرة Galaxy إنّ جميع أنواع الطاقة التى عرفها الإنسان على وجه الأرض - يرجع أصلها إلى الشمس مصدر جميع الطاقات . متوسط درجة حرارة باطنها ٢٠ مليون درجة مئوية وعلى السطح حوالى ٤ مليون درجة .

فبدون اشعاعها تستحيل الحياة على الأرض - ومن ثم أصبح من الضرورى دراسة الشمس دراسة فلكية ومنتظمة لمعرفة مايدور فيها ومدى تأثيره على الأرض - والأستفادة من جزء ضئيل من منابع طاقتها الاشعاعية الجبارة بشتى الوسائل - فالقدر الذى يصل إلى

---

(١) قدر جيمس جينز ثمن الطاقة التى تستمدها الأرض من الشمس فى الثانية الواحدة بنحو مائتى مليون جنيه استرلينى - فكم نحن مدينون لصانعها وهل نحن شاكرون جليل نعمائه ومقدرون قدرة الصانع الخالق جل وعلا .

الأرض من اشعاع الشمس محدود - بل هو ضئيل إذا قورن بما يشع من سطحها الكبير .

المذنبـات والشهـب : Comets & Meteors

يطلق الفلكيون على الشمس والسيارات الأخرى بما فيها الأرض اسم النظام الشمسى ويشمل عدا هذا وتلك المذنبات والشهب .

والمذنبات Comets أجسام أصغر من السيارات بكثير ومساراتها بيضاوية ، وكان الفلكي « هالى » Hally أول من كشف عن طبيعة مساراتها وظهورها المفاجىء واختفاؤها بالمثل . كما تمتاز بأن لها ذيولا تمتد ملايين عدة من الأميال .

أما الشهـب أو النيـازك : Meteors

فتات صخرية ومعدنية تسقط على الأرض من الفضاء الخارجى وتتكلس نتيجة للحرارة ، ولعلها شظايا ناتجة عن تصادم الكويكبات.ويتنوع تكوينها بداية من الحديد المقترن بالنيكل إلى سليكات مغنسيوم الحديد ، ويعادل عمر أقدمها عمر الأرض فهى أجسام تتفاوت وزنا بين أرطال وأطنان عدة . وتوجد فى الفضاء فرادى أو جماعات كأسراب الطير – فإذا اقتربت الأرض منها جذبتها نحوها – فتدخل الغلاف الهوائى بسرعة كبيرة ويتولد من احتكاكها بالطبقة الهوائية المحيطة بالأرض حرارة شديدة فتشتعل ويذهب معظمها هباء فى الجو – والباق يسقط على الأرض ويسمى نيازك .

أمكن جمع الكثير منها وترى فى المتاحف العلمية . وعناصر تركيبها هى نفس العناصر الأرضية وهناك ظواهر فلكية تدل على احتمال تكون الشهب من المذنبات .

الطـريق اللبنيـة أو طـريق التبـانة : Milky Way

شمسنا واحدة من النجوم تضم ١٠٠,٠٠٠ مليون نجم توجد على هيئة عناقيد Clusters ويسمى هذا النظام بالمجرة Galaxy فعالم هذه المجرة ليست معروفة بالكامل غير أن الجسم الرئيسى للنجوم يبلغ طوله ٣٠٠٠ سنة ضوئية .

أقرب مجرة للمجموعة الشمسية تسمى الطريق اللبنية Milky way وسميت كذلك حيث يمكن تمييزها بالمقرب (التلكسوب) فى الليالى الصافية كشريط Band مضىء خافت يمتد عبر السماء من الأفق إلى الأفق – وقد لاحظ جاليليو من الفلكيين القدامى هذا الشريط إلا أن القدامى كان قد صور لهم خيالهم أنه ليس إلا سيلا غزيرا من اللبن

يتدفق من بقرة سماوية ، ومن ثم أطلق عليها أسم المجرة أو الطريق اللبنية – ويطلق عليها أحيانا طريق التبانة ، وقد كان الفلكى وليم هرشل – William Hershel أول من استعار هذه التسمية الأخيرة عام ١٨١٠ .

استطاع مرصد بالومار من رصد أعداد هائلة من المجرات تصل إلى ألف مليون مجرة وتبعد عن مجرتنا بنحو ٤٠٠ مليون سنة ضوئية – وتوجد هذه المجرات فى مجموعات تبعد عن بعضها بملايين السنيين الضوئية – وهناك مجموعة من ثمانية عشر مجرة تعرف باسم مجموعة اندروميدا Andromeda منها مجرة الطريق اللنية . تميل المجرات للتجمع فى جماعات تسمى عناقيد Clusters وقد يحتوى العنقود الواحد على ألف مجرة أو ما يزيد . ومجرتنا تنتمى إلى عنقود يسمى عنقود المجموعة المحلية Cluster of local group لم يتأكد الفلكيون من عدد المجرات فيها – وعناقيد النجوم هى أكبر وحدات طبيعية للمادة فى الكون ويبدو توزيع العناقيد أحيانا إلى حد من التجانس بنفس المعنى الذى نعنيه حين نقول أن توزيع قطرات المطر على لوح زجاجى متجانسة . يطلق على هذا الكون المتجانس اسم المبدأ الكونى Cosmic Principle

السـديم : Nebula

وهى غير النجوم والمجرات ومجموعاتها السيارة.توجد بين النجوم بعضها وبعض وبين المجرات والسديم . تختلف عن النجوم فى أنها سحابية الشكل Clouds Uniform أو غاز منتشر يبدو على هيئة بقع هائلة – العنصر الرئيسى منها هو غاز الأيدروجين والغالبية العظمى منها ذات أشكال هندسية وأى حيز من الفضاء يشتمل على آلاف الملايين من النجوم ويسمى النظام النجومى . وهذا النظام النجومى تتبعه شمسنا وهو ليس سوى واحد من هذه الأنظمة التى تعرف بالسدائم ويقدر عددها ببضعة ملايين وأشكالها الهندسية قد تكون كروية أو كروى منبعج وعدسية الشكل وحلزونية ويعتقد أن هذه الأشكال المختلفة تمثل المراحل المختلفة للسديم الواحد فى حياته – فهو ينشأ كرويا ثم ينبعج عند قطبيه ومع الدوران والأنكماش يصبح عدسيا فحلزونى الشكل وفى المراحل الأخيرة تتكشف مادته إلى نجوم . يقول الفلكيون أن ما عرفناه وما سنعرفه ليس سوى بعض القليل . فالعلم الطبيعى المعاصر لايهدف إلى ارساء حقائقَ ثابته وعقائد أبدية ، وإنما هدفه هو الاقتراب من الحقيقة بتقريبات متتابعة ، دون أن يدعى فى أية مرحلة أنه قد وصل إلى الدقة النهائية الكاملة لهذا الكون العجيب .

وعليه وبعد أن استعرضنا بإيجاز عالم الافلاك فقد آن تناول النظرية العامة للنسبية . .

نشـأة وهـدف النظـرية العامـة للنسبيـة :

بعد أن أثبت أينشتين نظريته الخاصة للنسبية بأحد عشر عاما ، نجح فى توسيع آفاق النظرية بحيث تشمل المجموعات المستعجلة (أى المتحركة بعجلة) فبزغت من ذلك النظرية العامة للنسبية . والتعقيدات الرياضية فى هذه النظرية كثيرة ، إذ أن تحولات الفضاء ذى الأربعة أبعاد الذى يصف الحركة وهى ثلاث إحداثيات مكانية يضاف إليها إحداثى زمانى – تحتاج إلى نوع خاص من الحساب الرياضى يعرف بالتحليل الممتدى أو الحساب الوترى Tensor وقد طبقت نتائج هذه النظرية بصفة خاصة فى الظواهر الفلكية .

طلع أينشتين على العالم بالنظرية العامة للنسبية والتى درس بها القوة الخفية التى تقود حركة النجوم والمذنبات والشهب والمجرات وكل جسم متحرك فى الفراغ الكونى الواسع – وهى نظرية عامة شاملة فى الهندسة الكونية ، تستوعبه وتفسر ديناميكيته ، وتماسك الأجزاء فيه وتضفى عليه معنى جديدا ليعطى تصوراً جديداً للكون . يحل الإشكال الذى اعترى الحقيقة للمكان والزمان ، والكتلة التى أصبحت حركة – وكيف يصبح لهذا الكون شكله وماديته ، وقد انهارت وتبخرت إلى طاقة وإشعاع غير منظور

أهم عناصر هذه النظرية يتمثل فى النقاط التالية :

١ – المكان والزمان معا فى « متصل واحد » أو « البعد الرابع » .
٢ – الكون منحنى مقفل محدود .
٣ – نظرية الجاذبية . « مجال »
٤ – الكون يتمدد وينكمش .

لقد أثارت هذه النظرية الكثير من الآراء ، تداولها العلماء والفلاسفة . إلا أنه من الجدير بالذكر أنها كنظرية فى مجال العلم تتصف بكونها نظرية رياضية فى رموزها فيزيائية فيما تعنيه ، فلكية المضمون تحوى فروضا رياضية أمكن برهنتها بفضل واضعها – ترسم هذه النظرية تصورا للكون لايمكن فهمه أو ادراكه بسهولة ، إلا أنه أمكن تدعيم نتائجها الرياضية البحته بتجارب تقبل الملاحظة – أعطت تفسيرا جديدا لحركات الأجسام الكونية وجاذبيتها .

اعتمدت فى عرضى لمقدمة النسبية العامة على المراجع
لانداو وورومر : ماهى نظرية النسبية – الطبعة الرابعة دارمير للطباعة والنشر ١٩٧٨ .
البرت اينشتين : النسبية النظرية الخاصة والعامة ترجمة دكتور رمسيس شحاته مراجعة محمد مرسى

المكان والزمان معا فى متصل واحد : Space time Continium

لتعيين موقع سفينة فى عرض البحر – نقول أنها تقع فى النقطة التى يتقاطع فيها خط عرض كذا مع خط طول كذا ونذكر اليوم والساعة والدقيقة . ولتعيين موقع طائرة فى الجو يجب أن نضيف إلى ذلك احداثى الأرتفاع – أما إذا أردنا تعيين موقع حادثة فى الكون لايجوز الاكتفاء باحداثياتها المكانية الثلاث (الطول والعرض والأرتفاع أو العمق) بل لابد من مراعاة احداثى الزمن وهكذا نرى أن أربعة احداثيات لابد منها لتعيين موقع أى جسم متحرك والبعد الرابع قد يصعب تصوره ولكن لابد أن تعلم جيدا أن نقطة ما وأن حادثة ما من حوادث العالم تكون مضبوطة عندما نعرف إحداثياتها الأربع – وهكذا نجد عنصرى الزمان والمكان متداخلين تداخلا لا انفصام فيه وهذا هو المتصل الزمكانى كما أطلقه اينشتين وزميله هيرمان منكفسكى H. Minkowski فالعالم بأسره هو متصل زمكانى وكل حقيقة إنما توجد فى الزمان وفى المكان معا ولايمكن فصل أحدهما من الآخر . ولأن كل شيء فى الطبيعة فى حالة حركة – فالأبعاد الثلاثة هى حدود غير واقعية للأحداث الطبيعية والحقيقة ليست ثلاثية فى أبعادها لكنها رباعية . إنها المكان والزمان معا فى متصل واحد ولكن المكان والزمان يظهران دائما منفصلين فى إحساسنا .. ولا نعرف له معادلا موضوعيا خاصا به كما للمكان . ومع هذا فاتصال الزمان بالمكان حقيقة .. بدليل أننا إذا أردنا أن نتتبع الزمان فإننا نتتبعه فى المكان . فنترجم النقلات الزمانية بنقلات مكانية فنقول وقت الغروب ، ونقصد إنحدار الشمس فى المكان بالنسبة للأرض ونقول .. اليوم والشهر والسنة وهى إشارات للأوضاع المكانية التى تحتلها الأرض حول الشمس .

ونحن حينما ننظر فى أعماق السماء بالمقربات Telescopes لنشاهد نجوما بعيدة جداً بيننا وبينها ألوف السنيين الضوئية ، نحن فى الحقيقة ننظر فى الزمان لا فى المكان وحده .. نحن ننظر فى ماضى هذه النجوم .. وما نراه هو صورتها ومع هذا .. يصعب أن نتخيل شكلاً ذا أبعاد أربعة .

يقول أينشتين إننا سجناء الحواس المحدودة .. ولهذا نعجز عن رؤية هذه الحقيقة وتصورها، وكل ما فى الكون من أحداث يثبت أن هذه النظرية ليست تركيبة فرضية برموز رياضية وإنما هى حقيقة فالزمان غير منفصل عن المكان وإنما هما نسيج واحد .

وجد « أينشتين ومنكفسكى » أنه من الممكن أن يتكون من مجموعة الزمان النسبى والمكان النسبى حقيقة مطلقة مجردة أطلق عليها منكفسكى[1] المتصل الزمكانى وأسماها

(١) **هيرمان منكفسكى** (١٨٦٤ – ١٩٠٩) : زميل لأينشتين – له قول مأثور بمحاضرة ألقاها فى كولونيا عام ١٩٠٨ قال : ان المكان بداته وكذلك الزمان بداته سيتحول كل منهما منذ اليوم إلى ظل زائل وإنما يبقى الوجود المستقل لنوع من الأئتلاف بينهما .

د. مشرفة[1] الكون المكانى الزمانى – فالكون مؤلف من حوادث كل نقطة فيه حادث من الحوادث لها مكان وزمان يحدد موضعها وهذا الكون ليس فضاء ذا ثلاثة أبعاد بل هو أكثر من ذلك – فالفضاء ذو الأبعاد الثلاثة شيء متصور وجوده فى لحظة معينة فهو لايشمل معنى الزمان.ثم إذا توالت اللحظات كان لكل لحظة فضاء ذو ثلاثة أبعاد خاص بها – فإذا تصورنا هذه الفضاءات مرتبة الواحد منها تلو الآخر فى ترتيب زمنى متصل وصلنا إلى معنى الكون المكانى الزمانى ويمكن وصفه على أنه مجموع ما كان وما هو كائن وما يتكون . وخلاصة القول المكان والزمان نسبيان – فليس هذا ولا ذاك كائنا مطلقا ذا حقيقة ثابتة إن جميع المقاييس الزمانية هى فى الحقيقة مقاييس مكانية ، وكل مقياس مكانى يتوقف على المقاييس الزمانية فالثوانى والدقائق والساعات والأيام والأسابيع والشهور والفصول والسنون إنما هى مقاييس لموقع الأرض فى الفضاء بالنسبة إلى الشمس والقمر والنجوم . وكذلك خطوط الطول والعرض التى يعين بها الإنسان مكانه على سطح الأرض تقاس بالدقائق والثوانى – ولابد لتحديدها بالضبط من معرفة اليوم والساعة والسنة .

يجب أن نفهم ضرورة معالجة الزمن كنظرية حتمتها النتائج التجريبية – إذا كانت الأحداث تجرى لقطعة ما من المادة لها ترتيب زمنى محدد من وجهة نظر مراقب يشارك فى حركتها فإن الأحداث التى تقع لأجزاء المادة فى أماكن مختلفة ليس لها دائما ترتيب زمنى محدد فإذا أرسلت إشارة ضوئية من الأرض إلى الشمس وانعكست ثانية إلى الأرض عادت إلى الأرض بعد حوالى ١٦ دقيقة من إرسالها – والأحداث التى تقع على الأرض خلال هذه الدقائق عشرة ليست سابقة ولا متأخرة عن وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس ، فإذا تخيلنا عدداً من المراقبين يتحركون بكل الطرق الممكنة بالنسبة للأرض والشمس ويراقبون أحداث الأرض خلال هذه الست عشر دقيقة ، كما يراقبون وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس – وإذا افترضنا أن هؤلاء المراقبين يدخلون فى حسابهم سرعة الضوء ، ويستخدمون آلات لقياس الزمن بالغة الدقة ، فإن بعض المراقبين سيحكمون بأن أى حدث ما على الأرض خلال الست عشر دقيقة – أسبق من وصول الاشارة الضوئية إلى الشمس ، وبعضهم سيحكم بأنهما حدثا فى لحظة واحدة وبعضهم سيحكم بأن الحدث متأخر عن وصول الإشارة الضوئية وكلهم متساوون فى الصواب أو متساوون فى الخطأ[1].

(١) **د. على مصطفى مشرفة** : أستاذ الرياضة التطبيقية وأول عميد مصرى لكلية العلوم جامعة القاهرة ومن زملاء أينشتين . وأول من كتب وحاضر وألف من العرب عن النظريات النسبيه .

(١) راجع **Dogobert. O. Runes, Twentieth Century Philosophy**

فمن وجهة نظر علم الفيزياء لاتكون الأحداث التى تقع خلال الست عشر دقيقة سابقة على وصول الإشارة الضوئية إلى الشمس ولا متخلفة عنها ولا متلاقية معها فى الزمن .

إن فيزياء نيوتن لايمكن تطبيقها بداهة - ذلك أن المواد ذات النشاط الاشعاعى تبعث بجزئيات تتحرك بسرعة قريبة جداً من سرعة الضوء ، ولا يمكن فهم سلوك هذه الجزيئات إلا على ضوء مكتشفات فيزياء النسبية ، ولا شك فى خطأ الفيزياء النيوتونية - وعليه لابد وأن نهيىء عقولنا لقبول فكرة أنه لايكاد يمكن وجود ترتيب زمنى محدد بين الأحداث التى تقع فى أماكن مختلفة . هذه هى الحقيقة التى أدت إلى استخدام عبارة (المكان - الزمان) أو المتصل (المكان - الزمان) بدل استخدام كلمتى المكان والزمان - فالزمن الذى كنا نعتبره حدثا كونيا هو فى الحقيقة « زمن محلى » زمن مرتبط بحركة الأرض ولايمكن اعتباره زمنا عاما .

وإذا نظرنا إلى الدور الذى يلعبه الزمن فى كل أفكارنا العامه - أتضح لنا أن نظرتنا تتغير تغيرا عميقا ، إذا نحن تخيلنا حقا ما فعله علماء الفيزياء المعاصرون - خذ مثلا فكرة « التقدم » :إذا كان الترتيب الزمنى حقا لاشك فيه ، كان هناك تقدم أو تقهقر طبقا للأساس الذى يقاس عليه الزمن - وكذلك تتأثر بطبيعة الحال فكرة الطاقة المكانية .

فإذا كان هناك مراقبان يستخدمان كل وسيلة من وسائل الدقة والإحكام - فإنهما سيصلان إلى تقديرين مختلفين للمسافة بين مكانين إذا كان المراقبان يتحركان بحركة نسبية سريعة ، وبديهى أن فكرة المسافة نفسها قد أصبحت غامضة ، لأن المسافة يجب أن تكون بين أشياء مادية لابين نقط من الفراغ - ويجب أن تكون هى المسافة فى وقت معين - لأن المسافة بين أى جسمين تتغير باستمرار والوقت المعين فكرة ذاتية تعتمد على الطريقة التى يتحرك بها المراقب فلا نستطيع بعد ذلك أن نتكلم عن جسم ما فى وقت معين - بل نتكلم فقط عن « حدث » وبين حدثين بصرف النظر تماما عن أى مراقب يوجد علاقة خاصة يقال لها الفاصل Interval[1] أو الإنفصال وهذا الفاصل سيختلف تحليله باختلاف المراقبين إلى مكون مكانى ومكون زمانى . لكن هذا التحليل ليس صحيحا من الناحية الموضوعية - فالفاصل واقعة طبيعية موضوعية وليس مكون مكانى ومكون زمانى . وأما مايهم الفيلسوف من نظرية النسبية فى علم الفيزياء الحديثة ، هو تصور جديد عن الكون

مترجم باسم فلسفة القرن العشرين (ترجمة لمجموعة مقالات فى المذاهب الفلسفية المعاصرة) ترجمة د. عثمان نويه .. مراجعة د. زكى نجيب محمود ص ٢٨ - ٢٩ .

(١) المرجع السابق ص ٣١

من حيث هو أن الكون لايتميز فيه المكان عن الزمن ولايتميز المكان الزمنى عن الأشياء التى توجد فيهما أو أن الحوادث لها وضع وديمومه .

وكلا من الزمان والمكان نسبيان — فاللحظات الزمنية عند (أ) لايمكن مقارنتها باللحظات الزمانية عند (ب) ولكل منهما زمانه الخاص بحيث لايشتركان معاً فى زمان واحد شامل وهذه النسبية فى الزمن لها مقابلها فى المكان أيضا وكل مانستطيعه إذا أردنا أن نتحدث عن مكان هو أن نقرنه بزمن معين فنقول مثلا مدينة الاسكندرية فى اللحظة الفلانية وبهذا يتحدد مكانها فى العالم .

وهكذا لايمكن أن نتحدث عن الكون كله على أنه بأسره فى لحظة زمنية واحدة معينة ، وهكذا أيضا أدت نظرية النسبية للزمان والمكان وجوب مراجعة قانون الجاذبية كما وضعه نيوتن وكذلك تجب مراجعة الهندسة المستوية لاقليدس لتوضع على أساس جديد فقد بات ما يبدو خطاً مستقيما عند مشاهد لايكون كذلك بالنسبة لمشاهد آخر فى مكان آخر .

لابد إذن من البدء فى فهم العالم الطبيعى فهما جديدا وأن نزيل من عالم الطبيعة صلابته وتماسكه . وأن نترجمه إلى لغة أخرى لغة الأشياء — فنترجمه إلى حوادث مسلسلة أو متتابعة ونتناسى أنه جسم محدود له حدود متعينة وثبات ودوام . فالأجسام المادية ما هى إلا خط طويل من حوادث .

والحوادث يرتبط بعضها بأنواع من العلاقات أرتباطا يوحى إلينا بفكرتى الزمان والمكان . تتعاقب الحواضر فى نقطة مكانية فنقول « ماضى وحاضر ومستقبل » وتتجاور الحوادث بحيث تكون واحدة على يمين الأخرى أو يسارها أو فوقها أو تحتها فنقول هذا المكان أو ذاك ويكون بين الحوادث المتجاورة مسافات يمكن قياسها ، والمسافة التى تفصل بين حادثتين قد تكون مسافة من مكان وقد تكون فترة من زمن وتكون المسافة زمنية حين يكون الجسم الواحد بعينه موجوداً فى الحادثتين معا . وتكون المسافة مكانية حين تكون الحادثتان فى جسمين — ولكى نحدد لحادثة من حوادث العالم وضعها مكانا وزمانا يلزمنا أربعة أرقام — أحدهم يدل على اللحظة الزمنية والثلاثة الأخرى تدل على أبعاد المكان الثلاثة — فلو حدثت حادثة لطائرة يتحدد وضع الحادثة بأربعة أرقام هى خط الطول العرض والإرتفاع عن سطح البحر ثم الوقت بحساب جرينتش . وهنا يتأكد لنا لكى نفهم العالم الفيزيائى فهما صحيحا لابد من تدريب الخيال بحيث نتصور كما يريد العلم الحديث أن يتصورها — وإن كان هذا التدريب لايجرى مع الإدراك الفطرى فى طريق واحد .

وما دامت الطبيعة قد إرتدت بالعلم الحديث إلى مجموعات من حوادث بعد أن كانت أشياء مادية لها صلابة وتماسك . ثم ما دامت الحياة العقلية هى كذلك خيط من حوادث

أو سلسلة من حالات فكرية وشعورية دون أن يكون هناك شيء يمسكها فى وحدة مما يصح أن نطلق عليه عقلا أو وعيا قائما بذاته أفلا تكون المادة والعقل من طبيعة واحدة متجانسة ...

الجـاذبيـــة « مجــال » :

وصلنا مع أينشتين إلى حقيقة اتصال الزمان بالمكان – بدليل أننا إذا أردنا تتبع الزمان فإننا نتتبعه فى المكان – فالزمان غير منفصل عن المكان وإنما هما نسيج واحد .. وهذا النسيج عند أينشتين هو « المجال » Field الذى تدور فيه كل الحركات الكونية . يجب أن نتوقف قليلا عند كلمة « مجال » فهى كلمة لها عند أينشتين معنى جديد عميق .. يرد به على نظرية الجاذبية النيوتونية .. نيوتن يقول أن الجاذبية قوة Force كامنة فى الأجسام تجذب بعضها إلى بعض وتؤثر عن بعد Actionat a distance

ولكن أينشتين يرفض نظرية التأثير عن بعد – ويلغى تصور القوة عند نيوتن وينكر أن الجاذبية قوة .. ويقول أن الأجسام لاتشد بعضها بعضا – ولكنها تخلق حولها « مجالاً » يقول أينشتين :

كل جسم يحدث إضطرابا فى الصفات القياسية للفضاء حوله كما تحدث السمكه اضطرابا فى الماء حولها ويتكون تيار من الماء تسير فيه ذرات الغبار العالقة وتخلق حوله مجالا نتيجة التغيرات التى تحدث فى الزمان والمكان . إن هذه الذرات العالقة لاتتحرك بقوة السمكة – بل هى تتحرك وفقا « لمجال » .

كما فى المغنطيس يمكن تحديد وتخطيط مجاله عن طريق رش برادة الحديد حوله . ويمكن عن طريق المعادلات الرياضية أن نحسب شكل وتركيب مجال جسم معين عن طريق كتلته ...

استطاع أينشتين أن يقدم للعلم المعاصر هذه المعادلات المعروفة بمعادلات التركيب . Structure equations وأرفق بها مجموعة أخرى من المعادلات سماها معادلات الحركة Motione. لحساب حركة أى جسم يقع فى ذلك المجال .

وبهذه المعادلات استطاع أينشتين أن يتنبأ بظواهر طبيعية وفلكية – فقد ظلت حركة عطارد حول الشمس لغزاً حتى فسرتها هذه المعادلات والظاهرة التى كانت تحير العلماء أن هذا الكوكب الصغير ينحرف عن مداره بمقدار معين كل عدد معين من السنين .. وأن المجال الذى يدور فيه ينتقل من مكانه بمعنى الزمن . وقد تنبأت معادلات أينشتين بمقدار الإنحراف بالضبط .

وكان التفسير الذى قدمه أينشتين لهذه الظاهرة أن شدة اقتراب عطارد من الشمس بالاضافة إلى سرعة دورانه وعِظَمْ جاذبية الشمس . هو الذى يؤدى إلى هذا الاضطراب فى المجال والانحراف المشاهد فى مدار الكوكب .

وتنبأت نفس المعادلات بما هو أكثر إثارة للأوساط العلمية . فقد كان معلوما أن الضوء ينتشر فى خطوط مستقيمة . ولكن أينشتين له رأى آخر ، فمادام الضوء طاقة . والطاقة مادة . فلابد أن يخضع الضوء لخواص المجال كما تخضع برادة الحديد فيسير فى خطوط منحنية حينما يقترب من جسم مثل جسم الشمس . ذى مجال جاذبية قوى ، فلو رصدنا نجما يمر ضوؤه بجوار الشمس لوجدنا أن الشعاع القادم إلينا ينحرف إلى الداخل ناحية مجال الشمس ولرأينا الصورة بالتالى تنحرف إلى الخارج بزاوية معينة قدرها أينشتين ١,٧٥ درجة باستخدام المعادلات الرياضية .

أسرع العلماء للمراصد لاختبار هذه النتائج التى استخلصت من المعادلات الرياضية وقد بذلت محاولات عديدة لأخذ صور للشمس والمنطقة المحيطة بها أثناء الكسوف وكانت أول محاولة عام ١٩١٢ ولكنها لم تلق نجاحا لسوء الأحوال الجوية أثناء الكسوف وفى عام ١٩١٤ حالت الحرب العالمية الأولى دون تحقيق رغبة الفلكيين ، وفى عام ١٩١٨ أُخذت أول صورة لكسوف الشمس وظهر على اللوح الفوتوغرافى خمسون نجماً ، وبالرغم من ذلك لم تكن النتائج التى أمكن استخراجها حاسمة لأن هذه الأرصاد وقياسها يحتاج إلى خبرة لم تكن قد اكتسبت بعد – وفى عام ١٩٢١ أمكن الحصول على نتائج مشجعة أضافت الأدلة على صحة نظرية « أينشتين » .

وكانت النتيجة تسجيل انحراف قدره ١,٦٤ درجة أى قريباً جداً من قيمة أينشتين . وعلى هذا الأساس تدور الأرض حول الشمس لا بسبب قوة جذب الشمس ولكن بسبب خصائص المجال الذى تخلقه الشمس حولها – والأرض لاتجد مداراً تسير فيه سوى هذا المدار الدائرى وكل الكواكب محكومة فى مداراتها بخطوط دائرية هى إنحناءات المجال حول الأجسام الأكبر منها جاذبية . ظاهرة أشبه بظاهرة القصور . فالأجسام قاصرة عن أن تتعدى مجالاتها المرسومة . وبذلك أصبحت الجاذبية عند أينشتين جزءاً من هندسة المكان ، المكان منحنى كروى ، لكن الكروية ليست كاملة وإنما بها تشويهات Distortions ونتوءات ترجع إلى كثافة المادة – والمادة تتحرك بقصور ذاتى دائرى على سطح الكرة[1].

L. Barnett : The Universe and Dr Einscein. Wm. sloane Associates 1948 pp.76-92

لم يفت أينشتين أن يبين أن ما يحدد تركيب « المجال » الجاذبى كتلة الجسم الجاذب وسرعته ، وعليه فتركيب الكون بالإجمال تحدده مجموعة ما يحتويه من مادة .

الكــون « المتصــل » منحــنى مقفــل محــدد :

قصد أينشتين بفكرة النسيج الواحد للفضاء - ذلك النسيج ذو الأبعاد الأربعة الذى يؤلف المجال الهندسى للكون .

واجهت أينشتين مشكلة كبرى بعد أن حلل الكون إلى مكوناته الأساسية المكان - الزمان والكتلة والمجال .. هل الكون نهائى ومحدود . أم لانهائى ولامحدود . هل هو مسطح كالبحر تسبح فيه مجموعات النجوم والكواكب أم هو غائر وعميق وهذه النجوم والكواكب معلقة فى أعماقه .

كان رأى القدامى أصحاب المدرسة الذرية أن الكون غير محدود والمكان لامتناهى واتفق معهم من المحدثين « نيوتن » بعد أن اصطدم بالتساؤل المألوف لو أن هذا الكون له نهاية . فماذا وراء هذه النهاية ؟

وكانت الحيرة ومحاولة التخلص من الإشكال كله برفض محدودية الكون واعتباره لانهائيا لا أول له ولا آخر . وكان الرأى أيضا أن الكون مسطح والنجوم والكواكب اللانهائية سابحه فيه فى أعداد لامبدأ لها ولا منتهى . كان ذلك نتيجة لإيمانهم بهندسة إقليدس وأن كل علاقات الكون يجب أن تفسر من خلال هذه الهندسة المستوية والتى تعتمد فى كل نظرياتها وتركيباتها على الخطوط المستقيمة . ومن مصادراتها الأولى الخطين المتوازيين لايلتقيان . وأن أقصر مسافة بين نقطتين هى الخط المستقيم وأن مجموع زوايا المثلث ٢ ق .

وكان رأى أينشتين أن هذه الهندسة الأقليدية قاصرة وخاطئة إذا حاولنا أن نفسر بها علاقات الكون الرحيب أو حتى علاقات الكرة الأرضية . فلو حاولنا أن نبحث عن أقصر الخطوط بين لندن ونيويورك فسنجد أنه خط دائرى والسبب أن سطح الأرض كروى والسطوح الكروية لاتنطبق بها الهندسة المستوية لاقليدس والكون شأنه شأن الأرض - لأنه ليس نظاما مسطحا .

والنظرية العامة للنسبية تقول بأن كل جسم يوجد فى مكان وزمان يخلق حوله مجالا ، وأن الفضاء حول هذا الجسم يتحدب وينحنى بمقتضى خطوط هذا المجال ومعنى هذا أن كل مادة توجد فى فضاء الكون تؤدى إلى تحدب وانحناء فى سطح هذا الفضاء . ومعنى

هذا أننا لو استطعنا أن نعرف مقدار المادة الكلية فى فضاء الكون لأمكن أن نعرف مقدار التحدب والأنحناء فيه وشكل مجاله العام بمقتضى معادلات النسبية .

وقد تمكن العالم الفلكى هبل Hubble من حساب متوسط كثافة المادة الكونية وبتطبيقها على معادلات المجال أمكن معرفة أن الكون شكله كروى وأن الفضاء فيه يتحدب وينحني ليؤلف شيئا كفقاعة هائلة – ولما كانت أبعاد هذه الفقاعة أربعة أبعاد ، وهى نهائية ولكنها غير محدودة ونصف قطر الكون بهذا الحساب ٣٥ بليون سنة ضوئية . وأننا إذا رسمنا خطا مستقيماً على الكرة ذا طول لايمكن تخيله فإننا سنعود بالخط إلى النقطة التى بدأنا فيها وسيصبح الخط دائرة ضخمة فالفضاء الكونى ينحنى على نفسه ولا يمتد إلى ما لا نهاية وإنما هو كون مقفل محدود

الكــون يتمــدد وينكمــش :

ذلكَ الكون الجليل يقول عنه العلماء وهم تائهون بين المعادلات الرياضية والرموز الجبرية (أنه كون محدود بلا حدود) .

الملاحظ أن العقل البشرى إذا شرد فى تصور الكون ، ولن يستطيع حقيقة التصور لأنه سريعا ما تتداخل وتشابك تصورات أخرى ذات ألغاز خالدة سر مدية تكشف عن غرور هذا العقل البشرى فى محاولاته الهزيلة لمعرفة الأسرار الكامنة فى طوايا الكيانات الضخمة من السدم والشموس والنجوم والكواكب والسيارات التى لاعدد لها ولا حصر – والتى مازال بعضها يولد كبقع سحابية لم تنتقل من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة بعد ، والتى قد انتهى بعضها الآخر منذ ملايين السنين ولكنا مازلنا نراه لأن آخر أشعة انبثقت من أضوائه مازالت تجرى فى الفضاء حتى تصل إلينا بتلك السرعة الرائعة (١٨٦,٠٠٠ ميل/ث) ، بعد ملايين السنين من موت هذا الكوكب الذى اندثر فى أعماق الأبدية التى لاندرى كيف كانت . ولا لماذا تكون[١].

ومازالت المناظير المكبرة تصنع ، وكلما اشتدت قوتها وعزم تكبيرها انتقصت من هيبة ما كانت تراه ، لأنها تكشف كل يوم عن عوالم أخرى لايمكننا أن نتصور أقداراها فى صورة من صور الحس ، فمنظار جبل ولسن الذى قطر عدسته ٢٠٠ بوصة يكشف عن حقائق مذهله تجعل المرء يتقلص بكيانه ويقبع فى ذاتيه متذكرا الخالق المدبر .

---

(١) A. Eddington, The Expanding Universe. pp.19-30

وأيضا L. Barnett, The Universe and Dr Einste in. p.10.

كان ظن أينشتين فى البداية أن الكون فى مجموعه ثابت . وأن أجزاؤه هى التى تتحرك بالنسبة لبعضها البعض أما هو ككل فهو ساكن . ولكن الأرصاد والفلكيين أجمعت على أن الكون يتضخم .. وأن ما فيه من نجوم وكواكب وشموس تنفجر فى أقطاره الأربعة متباعدة عن بعضها تخلخلا مع زمن وأنه يبرد .. وتنطفىء نجومه وتفنى مادتها وتتحول إلى إشعاع يضيع فى فضاء الكون الشاسع . وبعد بلايين السنين تكون جميع النجوم قد إنطفأت – فلا يعود هناك تبادل حرارة ولا أثر للضوء ولا يعود هناك زمن – لأن دليلنا على اتجاه الزمن هو الحركة والطاقة وبدون حركة لايوجد زمن .

هذه النظرية التى تقول باتجاه الكون إلى الفضاء والنهاية تقضى بأن له بداية .. وهذا رأى أينشتين .

هناك نظرية أخرى تقول بتكرار نشأة الكون وفنائه فى دورات وتزعم بأن الكون يتمدد ويبرد ، ثم يعود فينكمش ويسخن وتدب فيه الحياة من جديد . وأن الكرة الكونية تنقبض وتنبسط وتتكرر هذه الدورات الممثلة للبعث والفناء إلى الأبد .

وهناك نظرية ثالثة تقول بأن كل هذه الأشعة التى تتبعثر فى أرجاء الكون لاتضيع .. وإنما هى تتفاعل مع بعضها لتنتج ذرات بدائية تتجمع على هيئة أتربة دقيقة تتطاير تحت ضغط الإشعاعات النجمية لترتحل إلى القطب الآخر من الكون حيث تتجمع فى سحب ترابية وتزداد كثافتها سنة بعد سنة حتى تصبح كتلتها هائلة فتبدأ فى التقلص نتيجة إزدياد الجاذبية بين ذراتها ، وبتقلصها ترتفع درجة حرارتها وتتوهج وتتحول إلى أنوية ملتهبة – وتبدأ تدور حول نفسها . وتتفكك إلى مجاميع من النجوم وتبدأ كوناً جديداً . فى الوقت الذى يكون فيه الكون الأصلى الذى صدرت عنه قد دب فيه الفناء وانطفأ وتحول إلى صقيع وظلام – وتعود الإشعاعات المنطلقة من هذه النجوم الجديدة . فتتجمع فى طرف الكون الآخر لتكون ذرات بدائية وسحب ترابية ... ألخ . وتستمر الدورة الأبدية .

نظـرية المجـال الموحـد : Unified Field Theory

أدرك أينشتين أن كل ما يستطيعه العلم الفيزيائى الفلكى هو أن يعكس كميات ويتعرف على العلاقات الرياضية التى تربط هذه الكميات ويكتشف القوانين التى تجمعها معا فى شمل واحد .

وكان كل مطلبه أن يكشف القوانين التى تفسر حركات كل الأجرام السماوية فى مداراتها لاعتقاده بإنسجام الوجود فى وحدة . سواء عالم الكيانات الفلكية أو عالم الذرة والمتناهيات فى الصغر .

وأن الكهرومغنطيسية التى تمسك بالذرات والجزيئات لاتختلف كثيراً عن مجالات الجاذبية التى تمسك بالنجوم والكواكب والمجرات فى أفلاكها . وظل يبحث عن مجال واحد يحقق وحدة الوجود . وكان أن قدم سلسلة من المعادلات حاول أن يضم فيها القوانين التى تسيطر على ظواهر الجاذبية والكهرومغناطيسية وحيث أن كل الظواهر الطبيعية إنما ترتد إلى قوتين أساسيتين هما الجاذبية والكهرومغناطيسية .

منذ مائة عام كانت الكهرباء والمغنطيسية كأنهما شيئان منفصلان وينظر إليهما على أنهما متميزتان إحداهما عن الأخرى - أثبتت تجارب أورستد[1] Oersted الدانمركى وفراداى الأنجليزى فى القرن التاسع عشر أن القوى المغنطيسية يمكن أن تولد تياراً بشروط خاصة ، وأن التيار الكهربى يحيط به دائما مجال معناطيسى Magnetic Field وأن القوى المغناطيسية يمكنها إثارة تيار كهربائى حولها . وتوصل العلماء آنذاك إلى اختراع اللاسلكى وتكشف للفيزيائيين المجال الكهرومغناطيسى Electromagnetic Field والذى تنتشر فيه خلال الفضاء موجات الضوء واللاسلكى وكل الموجات الكهرومغناطيسية . على هذا الأساس أمكن اعتبار أن الكهرباء والمغنطيسية ظاهرة واحدة .

يقول أينشتين : إذا تركنا قوة الجاذبية ونحيناها جانباً فإنه يمكن اعتبار القوى الأخرى المعروفة فى الكون من نوع القوة الكهرومغناطيسية - أى أن قوى الأحتكاك Frictional Forces والقوى الكيميائية Chemical Forces التى تربط الذرات بعضها إلى بعض فى الجزيئات وقوى التماسك Cohesive Forces التى تربط جزيئات المادة - وقوة المرونة Elastic. F التى تسبب إبقاء الأجسام على أشكالها الأصلية - كل هذه القوى من نوع واحد مثل القوة الكهرومغناطيسية Electromagnetic . وذلك لأنها جميعا مبنية على وجود المادة وكل مادة مركبة من ذرات . وهذه تتركب من جسيمات كهربائية (تحمل شحنات كهربية) لذلك فإن التشابه بين ظواهر الجاذبية والظواهر الكهرومغناطيسية يدعو إلى التفكير - إن الكواكب السيارة تقع فى مجال جاذبية الشمس والإلكترونات تدور فى المجال الكهرومغناطيسى لنواة الذرة والأرض قطعة مغناطيسية هائلة وكذلك الشمس والقمر والنجوم .

ولقد بذل العلماء محاولات عديدة لاثبات أن قوى الجاذبية من نوع واحد إلا أن محاولاتهم باءت بالفشل ولقد خيل لأينشتين أنه نجح فى عام ١٩٢٩ عندما أعلن عن نظرية المجال الموحد ولكنه رفضها فيما بعد ، ومالبث أن نبذها نهائيا وقرر إبعادها وخرج بنظريته

(١) هانز كريستيان أورستد (١٧٧٧ - ١٨٥١) أول من لاحظ أن هناك علاقة بين الماجنيتيت وبرادة الحديد وأول من اكتشف العلاقة بين إبرة البوصلة المغناطيسية وإمرار تيار كهربى فى سلك .

الجديدة التى نشرها عام ١٩٤٩ وهى أكثر شمولا إذ أنها تربط بين مجموعة من القوانين الكونية ، لا بين مجالات الجاذبية والكهرومغناطيسية فى فضاء الكون فحسب . بل أيضا فى فضاء الذرة وبين ثناياها ، إلا أن الأمر مازال يتطلب سنوات من البحوث الرياضية والتجارب الفيزيائية لإثبات صحتها فهى تستوعب فى وقت واحد المكان غير المحدود للمجالات الجاذبية والكهرومغناطيسية المترامية فى الكون ، فإن أمكن للعلماء تصوير هذا الكون فإنهم سيربطون بين الكون والذرة ويملأون الفجوة الكبيرة التى تفصل بين المتناهى فى الكبر والمتناهى فى الصغر . وكل التعقيدات التى تبدو للعلماء والمفكرين عن الكون سوف تتحلل إلى معمل متجانس لافرق بين المادة والطاقة بل أن كل أنواع الحركة من حركة المجرات إلى حركة الإلكترونيات سوف لاتتعدى كونها تغيرات فى تركيب وتركيز المجال Structure and Concentration of Field

لقد أصبح المجال الجاذبى والمجال الكهرومغناطيسى تبعا لهذه النظرية حالتين عابرتين ، ووجهين لعملة واحدة . ولو أن العلم لايزال عاجزا عن شرح حقيقة المغنطيسية والكهربية والجاذبية ، إلا أنه يستطيع قياس آثارها والتنبؤ بنتائجها . ولكن سرها الحقيقى لايزال غامضا حتى وقتنا الحالى . ومعظم علماء الفيزياء المعاصرين يؤكدون عدم إمكان معرفة كنه هذه القوى الغريبة مهما طال الزمن . إلا أنه من شأن هذه النظرية - لو صحت - لأنها مازالت موضعا لنقاش العلماء والفلاسفة ولم تثبت تجريبيا - أن يزول الفارق بين الكون وكياناته الضخمة والكيانات الذرية ، وأيضا قد يزول الفارق بين المجالات الجاذبية والمجالات الكهرومغناطيسية ، وتصبح مجالا واحدا .

لقد حاول أينشتين خلال الربع قرن الأخير من حياته أن يتوج جهوده بنظرية المجال الموحد على أساسين : الأول أن الحدود الخارجية لعلم الإنسان تحددها نظرية النسبية والحدود الداخلية تحددها نظرية الكوانتم إذ أن نظرية النسبية قد حددت آراءنا عن الفضاء والزمن والجاذبية وكل الحقائق التى لم نستطع رؤيتها لبعدها الشاسع ، ونظرية الكوانتم قد حددت الآراء عن الذرة والمكونات الأساسية للمادة والطاقة وكل الحقائق التى تخفى لدقتها المتناهية فى الصغر - ومع ذلك فإن هاتين النظريتين الهامتين قد بنيتا على أساسين مختلفين منفصلين لا صلة بينهما اطلاقا ، وهدف نظرية المجال الموحد هو بناء قنطرة تربط ما بين هاتين النظريتين .

لقد حاول أينشتين ابتداع بناء موحد للقوانين الطبيعية التى تتحكم فى ظواهر الذرة وظواهر الفضاء الخارجى كأصغر وأكبر مكونات الكون ولم يكن ذلك إلا تحت تأثير الاعتقاد بانسجام وتوافق الكون ككل موحد ٠ ولعل أهم نتائج هذه النظرية هى أنها

توحد قوانين الجاذبية وقوانين الكهرومغنطيسية فى صورة قانون واحد عام . وكما أن النسبية أرجعت قوانين الجاذبية إلى خاصية هندسية من خواص متصل المكان - والزمان - فإن نظرية المجال الموحد ترجع القوة الكهرومغنطيسية وكل القوى الأخرى إلى قوة واحدة متكافئة .

والآن وبعد أكثر من خمسون عاما إذا تأيدت نظرية المجال الموحد بتجارب عملية فى المستقبل لأمكن الاهتداء إلى كشوف جديدة ودقيقة عن تركيب المادة وميكانيكا الإشعاع - ومع ذلك فإن هذه جميعا سوف تكون نتائج أساسية ، لأن أكبر نصر فلسفى لنظرية المجال الموحد مستمد من كلمات عنوانها لأنا تبين اتجاه فلسفة العلوم نحو توحيد آراء الإنسان عن العالم الطبيعى .

أينشتين وأزمة الفيزياء النيوتونية :

اعتقد نيوتن فى الزمان والمكان المطلقين على علاتهما - دون أن يرى ضرورة لتمحيص ذلك الاعتقاد . والكون توفيقا لما يراه كائن فى زمن مطلق لاعلاقة له بالظواهر التى تقع فيه . وفى حيز مطلق ثابت لايعتريه تبدل وهو حيز الأبعاد الثلاثة فى هندسة أقليدس ، بغض النظر عن المواد الماثلة فيه كما أعتقد نيوتن بفكرة مطلقة أخرى وهى الكتلة باعتبارها مقداراً مادياً لايتحول مهما كانت حالة سكون الجسم أو حركته . والكون مؤلف عند نيوتن من جزيئات تتحرك فى مكان وزمن ، والمادة والطاقة منعزلتين ولكل منهما قانون بذاتها ، للمادة قانون بقاء المادة وللطاقة قانون بقاء الطاقة

أما أينشتين بنسبيته - فإنه يقضى على المعطيات الثلاث لنيوتن إذ ليس ثمة زمان مطلق لجميع الكائنات مهما اختلف شأنها - ولجميع مقادير المادة . وليس الزمن واحداً فى عالمين أو كوكبين مختلفين لاصلة بينهما .

والاتحاد الزمنى أى الحدوث فى آن واحد لايكون إلا إذا أمكن توحيد الساعات بإشارات ضوئية أو كهرومغناطيسية ، والتوافق الزمنى بين ظواهر تحدث فى أمكنة مختلفة من عالم ما يخضع لتأثير حركة ذلك العالم فى مجموعة ، ولا يوجد حد ثابت معين تقع ضمنه جميع الحوادث . إذ يختلف المكان بحسب ما يوجد فيه من المواد والمادة هى التى تعيد المكان وليس العالم كائنا فى حيز أقليدس بل فى حيز هندسى ريمانى متصل رباعى الأبعاد - كما أنه لايوجد للكتلة المطلقة ، إذ الكتلة تتغير بالسرعة وبحالة الجسم الداخلية وبحرارته مثلا . وقوانين نيوتن لايمكن تطبيقها على الأجسام التى تتجاوز سرعتها سرعة الأفلاك والأجرام السماوية وعلى هذا فان حركة الأرض حول الشمس ليست خاضعة

لقوانين الجاذبية النيوتونية . والكون مؤلف من حوادث Events فى سلاسل . والجاذبية ليست قوة وإنما هى « مجال » Field

يقول الفرد نورث هوايتهد « هكذا إنهارت الفيزياء النيوتونية إنهيارا كاملاً وهى التى كان يظن أنها بداية وتمثل الصدق المطلق » وتبدد اليقين من نفسه ، كما تبدد بالنسبة للكثيرين ورغم نفع آراء نيوتن كما كانت فى أى وقت سبق ، إلا أنها لم تعد صادقة بمعنى الصدق الذى تعلمت تمثله . وتأدى به ذلك لا إلى انتزاع الثقة بفيزياء نيوتن فحسب ، بل بالنظريات النسبية ذاتها وبكل نظرية لاحقة - فلقد تبدد اليقين . وتعلم هوايتهد أن يحذر من اليقين وأن ليس ثمة صدق مطلق فى أمر من الأمور ، يقول : لقد تعلمت أن أحذر من اليقين ، ليس هناك أمر كله صدق ولكن هناك بعض الصدق فى كل وجه من الوجوه فى الإمكان التنبؤ بالمستقبل ، فالتغير الضخم الذى حدث مع ظهور النسبية يجعل علينا من المحال أن تكون على ثقة مطلقة بما يكون عليه الغد[1]

خلاصة الرأى :

من الصعب تبويب النظريات النسبية فى فرع معين من فروع علم الفيزياء فهى تحتضن كل فروع الفيزياء ولكنها ليست فرعا فى الفيزياء فهى نظرية تحوى فروضا ومعادلات رياضية أمكن برهنتها - هذه الفروض والمعادلات ترسم تصوراً للكون يفسر حركات الأجرام الكونية وجاذبيتها - نشأت النظرية لاكنتيجة لسلسلة خاصة من التجارب ولكن أمكن تدعيم النتائج الرياضية البحته بتجارب تقبل الملاحظة - وكانت النتيجة النهائية دراسة نقدية تمحيصية لقوانين الفيزياء الكلاسيكية ومبادئها السائدة ، فمن جهة غير النسبية أهم آرائنا الأساسية فى العلوم ونعنى بذلك فكرتنا عن المكان والزمان ومع ذلك فمعادلاتها لاتناقض قوانين الديناميكا الكلاسيكية تحت الظروف التجريبية المألوفة وتفسيراتها عديدة وأما تنبؤاتها لظواهر جديدة فقليلة - ولكن لها أهمية لاتقدر فى الفيزياء المعاصرة وإحدى هذه التنبؤات التكافؤ المشهور بين الكتلة والطاقة . وأيضا تنبؤها بإنحراف الضوء واحمراره .

إن الديناميكا النيوتونية والديناميكا النسبوية تبدوان على طرفى نقيض إذ تقوم الأولى على الاعتقاد بوجود مكان مطلق وزمان مطلق ، فى حين تؤكد الثانية الطبيعة النسبوية لفكرة المكان والزمان .

(١) د. على عبد المعطى : الفرد نورث هوايتهد - فلسفته وميتافيزيقاه دار المعرفة الجامعية ١٩٨٠ ص ٤٨ - ٤٩ من محاضرة ألقاها فى يونية ١٩٤٣ ، سبتمبر ١٩٤٥

الباب الثانى
بعض النتائج
المتضمنة فى اكتشافات
علم الطبيعة المعاصر

الفصل الأول
طبيعة المادة

الفصل الثانى
العلية والحتمية

الفصل الثالث
الصدفة والاحتمال

الفصل الرابع
الموضوعية والذاتية

الفصل الأول

مشكلة طبيعة المادة

- طبيعة المادة عند الأغريق .
- طبيعة المادة وقوانين عدم الفناء مع بداية العصر الحديث .
- طبيعة المادة فى العصر الحديث .
- طبيعة المادة المعاصرة .

(أ) المادة مؤلفة من ذرات جسيمية .

(ب) المادة موجات وليست ذرات .

(جـ) المادة جسيمات وموجات معا .

(د) الجسيمات والموجات مؤلفة من « حوادث » .

- الخلاصـــة

الفصل الأول
مشكلة طبيعة المادة

لاشك أن النتائج الأحصائية الكثيرة للوقائع التجريبية فى مجال الفيزياء الحديثة والمعاصرة قد أحاطت العلماء والفلاسفة بالحيرة والقلق لتفهم مشكلة طبيعة المادة – لذلك لابد من تتبع مفهوم طبيعة المادة منذ بداية الفكر اليونانى حتى وقتنا الحالى لكى نتفهم تلك المشكلة قيد البحث .

طبيعة المادة عند الأغريق :

كانت طبيعة المادة مثار ظنون أسطورية تناقلها فلاسفة اليونان على ألسنتهم ، كانت الظاهرة الأولى التى شدت انتباه الفكر الأغريقى هى – ظاهرة العنصر الأول الذى تنتهى إليه جميع تحولات المواد وقد جاء فيما قال طاليس Thales أن الماء هو الجوهر الأساسى الذى يتكون منه العالم وهنا قد يوحى فكر طاليس بنشوء فكرة المادة عن الماء .

أعتبر أنباذ وقليس Empedocles أن التراب والنار والهواء والماء هى « الأصول الأساسية » الأربعة لكل الأشياء ، وعلى نفس هذا الخط أفترض أنكسمندريس عدداً لا نهائياً من العناصر يتسبب تجمعها أو انفصالها فى ظهور أو فناء ظواهر معينة . ثم حدث تطور فى تفكير الفلاسفة القدامى بظهور نظرية ديموقريطس الذرية وأن أصل المادة هو الذرة أو الجزء الذى لا يتجزأ وأن كلمة « الكائن » تنطبق فقط على أصغر الجسيمات التى لا تنقسم أى الذرات ، ولهذه خاصية وحيدة هى أنها تشغل الفراغ ، أما الاختلافات الوصفية للأشياء المحسوسة فقد عللت عن طريق الشكل والحركة والتركيب المتغير للذرات فى الفضاء .

يفسر ديموقريطس وجود الأجسام المركبة باجتماع الذرات المنفصلة – والتغير فى الوجود يفسر على أنه اتصال الذرات أو انفصالها بالإضافة إلى التغيرات التى تطرأ على أوضاعها وتنظيمها على صورة معينة من الأجسام – وتؤثر الأجسام بعضها فى البعض الآخر بطريقة الضغط – وهذا الضغط عن طريق خروج ذرات صغيرة من المؤثر إلى المتأثر – والذرات فى حركة دائرية مستمرة – وترجع هذه الحركة إلى أشكالها وأوزانها – وبفضل الحركة تجتمع الذرات المتشابهة لتكون المركبات أو الموجودات المختلفة[1] كما يفسر

(1) Moulton, and schiffers; The autobiography of science. Doubleday Doran Co., 1945 p.13.

ديموقريطس العناصر الأربعة الماء والهواء والنار والتراب بأنها ترجع فى تكوينها إلى الذرات واختلاطها بعضها مع البعض الآخر ماعدا النار - فإنها تتألف عنده من درات صغيرة مستديرة وبسيطة غير مركبة بينما تتكون العناصر الثلاث الأخرى من اختلاط أنواع مختلفة من الدرات

هكذا تتضح لنا بساطة التفكير الواضح فى فلسفة ديموقريطس مما يحدو بنا إلى أستخدام أفكاره عن بناء المادة بأعتبارها اللبنة الأولى للنظرية الذرية أساس العلم الفيزيائى الحديث .

يمثل هذا التطور فى مفهوم المادة من طاليس إلى ديموقريطس بلاشك تقدما هائلا فى تفسير الخواص الأساسية للمادة ، ولقد أضحت أمكانية وجود المادة فى حالات مختلفة على الفور مقبولة تماما ، ومثلها أيضا التفسير المعقول للظواهر المرتبطة بمزج السوائل . بهذا الخصوص يجدر القول أن الفيزياء الذرية الحديثة تتخطى الفيزياء اليونانية بمراحل بالنسبة لنقطة هامة ، وتفهم هذه النقطة ضرورى لتطور الفيزياء الحديثة . فبناء على نظرية ديموقريطس لا تملك الذرة خواص مثل اللون والطعم والرائحة ، إنما هى نقط تشغل الخلاء مع السماح بتركيبات هندسية للذرات لا تحتاج إلى أى تحليل ، أما فى الفيزياء الحديثة فقد فقدت الذرات خاصية التركيبات الهندسية وأصبحت خواصها الهندسية لا تفترق عن اللون والطعم ... الخ ، وأصبح من الممكن تمثيل الذرة فى الفيزياء الحديثة بمعادلة تفاضلية جزئية فى خلاء مجرد عديد الأبعاد وليس للذرة أية خواص فيزيائية مباشرة على الإطلاق بمعنى أن كل شكل صمم لتصور به الذرة تصويرا مرئيا لابد أن يكون خاطئا ولن تصبح معرفة لون الجسم ممكنة إلا على حساب معرفة الحركات الذرية والالكترونية داخل هذا الجسم والعكس بالعكس - فإن معرفة الحركات الالكترونية تدفعنا إلى التضحية بمعرفة اللون والطاقة والحرارة ، وكلاهما يمكن إخضاعه لرياضيات الذرة - ولا تقبل النظرية الذرية الحديثة أية خاصية للأجسام ندركها بحواسنا إلا بعد تحليلها ولا يمكن أن تنتقل هذه الخاصية أوتوماتيكيا إلى أصغر جسيمات المادة.[١]

طبيعة المادة وقوانين عدم الفناء مع بداية العصر الحديث

فى نشأة العلم الأول أرتضى العلماء قانون السببية **Causal Law** من غير مناقشة واتخذوه قاعدة يسترشدون بها فى العالم الطبيعى - فأدى ذلك إلى الكشف عن قوانين وضعت فى الصيغة العامة القائلة : أن سببا معينا (أ) يؤدى إلى نتيجة معروفة (ب) .

---

(١) **Rossiter; The Growth of Science. London. 1950 p.32**

وقد كان فى أستطاعة الانسان الأول أن يعرف هذا القانون بسهولة ولم يكن عليه إلا أن يراقب تأثير الشمس فى الصقيع أو تأثير أيام الصيف الطويلة فى أنهار الجليد الجبلية كما كان فى أستطاعته أن يلاحظ أن البرد فى الشتاء يعيد الماء إلى جليد - ويحتمل أنه أستطاع أن يعرف فى مرحلة أخرى من مراحل تقدمه أن مقدار هذا الجليد العائد من تجمد الماء المنصهر يساوى مقدار الجليد الأول قبل إنصهاره (جليد ⇆ ماء ⇆ جليد) وفى علم الطبيعة الحديث قوانين مألوفة من هذا الطراز يطلق عليها « قوانين عدم الفناء » .

فقانون عدم فناء س أيا كانت س هذه ، معناه أن جميع ما فى الكون من س يبقى ثابتا على الدوام فلا يستطيع شيء أن يحول س إلى شيء آخر غير س ، وفى آخر القرن الماضى أقر علم الفيزياء ثلاثة قوانين أساسية لعدم الفناء[1] وهى قوانين :

١ عدم فناء المادة Conservation of Matter

٢ - عدم فناء الكتلة Conservation of Mass

٣ - عدم فناء الطاقة Conservation of Energy

ولقد كان قانون عدم فناء المادة أكثر القوانين الثلاثة الكبرى قداسة وقد استخدمه ديموقريطس فى فلسفته الذرية التى فرضت أن كل أنواع المادة تتكون من ذرات لا يمكن استحداثها ولا تبديلها ولا إفناؤها – وكانت تقرر أن ما يحتويه الكون من مادة تبقى ثابته على الدوام لا تتغير – وكذلك يبقى ثابتا ما يحتويه أى جزء من الكون أو أى حيز فى الفضاء من مادة . وكان القانون الثانى قانون عدم فناء الكتلة Conservation of Mass أكثر حداثة فى الوجود – فقد فرض نيوتن أن فى كل جسم أو قطعة من مادة مقداراً متصلا به لا يتغير – هو كتلته Mass التى يقاس بها « قصوره الذاتى » – Inertia أو مقاومته لتغيير حركته – فإذا لزم لسيارة ما ضعف القوة التى تلزم لسيارة أخرى ليكون فى مقدرونا أن نتحكم فى سرعة الأولى كما نتحكم فى سرعة الثانية قلنا أن كتلة الأولى ضعف كتلة السيارة الثابتة – وكذلك يقرر قانون الجاذبية Gravatationlaw أن قوتى الجذب الواقعتين على جسمين تتناسبان بالضبط مع كتلتيهما ، فإذا ثبت أن قوتى جذب الأرض لجسمين متساويتان وجب أن تكون كتلتاهما متساويتين أيضا – ويتبع ذلك أن تكون أسهل طريقة لتقدير كتلة جسم ما هى أن يوزن هذا الجسم . وقد أثبت علماء الكيمياء أن ذرات ديموقريطس لا يحق أن تسمى بمدلول اللفظ اليونانى Atom (غير قابل للتجزئة) فقد ثبت أن الذرات تنقسم ولذلك سميت ذرات ديموقريطس بالجزئيات

(١) A. D., Abro, The Evolution of scientific Thought From Newton to Einstein. 1950 p.59

Molecules واحتفظ باسم الذرة للوحدات الصغيرة التى يمكن أن تنقسم إليها الجزئيات .

كما تبين أن قانون عدم فناء الكتلة Conservation of Mass ليس صحيحا صحة مطلقة ففى تجربة على فوق أكسيد الأيدروجين وجد مجموع وزن الأكسجين الذى يتصاعد من فوق أكسيد الأيدروجين ووزن السائل الذى تبقى يزيد قليلا على وزنه الأصلى كما وجد أن اللوح الفوتغرافى يزيد وزنه إذا عرض للضوء . حيث كان يهمل وزن الضوء الذى تمتصه جزيئات فوق أكسيد الأيدروجين أو بروميد الفضة (ف بر) .

أما القانون الثالث أى « قانون عدم فناء الطاقة » فهو أحدث القوانين كلها حيث توجد الطاقة على أشكال متعددة مختلفة ويمكن تحويل إحداها إلى الأخرى(١) – وقد أثبت « نيوتن » أن الطاقة الميكانيكية الخالصة «ألا تفنى» فإذا اصطدمت كرتان من البليارد ومثلا تغيرت طاقة كل منهما ولكن مجموع طاقيتهما لا يتغير وكل الذى يحدث أن تعطى إحداهما من طاقتها للأخرى دون أن تكتسب أو تفقد طاقة ما فى أثناء هذا التبادل – مع افتراض أن الكرتين تامتى المرونة وهذا يصعب حدوثه وقد أجرى جول J.P Joule سلسلة من التجارب الهامة فيما بين ١٨٤٠ – ١٨٥٠ فقاس الطاقة الحرارية Heat energy وحاول أن يقيس الطاقة الصوتية Sound energy بجهاز يشبه الألة الموسيقية Violoncello وأثبت أن الطاقة تتحول ولا تنعدم وأن ما يفقد فى الظاهر من طاقة الحركة Kinetic energy يعوض عنه بظهور مقدار مساوله بالضبط من الطاقة الحرارية والصوتية – فطاقة حركة قطار مندفع تعوضها طاقة مساوية لها من صوت الماكينات وتسخين العجلات والقضبان .

أستمرت هذه القوانين الثلاثة طوال النصف الثانى من القرن التاسع عشر لا يتحداها متحد ، وكان العلماء يؤمنون بهذه القوانين إيماناً جعلهم يعدونها قوانين عامة لا تنازع – وهى المسيطرة على كل الخليقة إلى أن يعم السيرج . ج . طومسون J.J. Thomson

(١) أمكن لكارنو Carno أن يضع مبدأ تدهور الطاقة فى اثناء تحولاتها العديدة حيث تم هذه التحولات فى اتجاه معين ، ولا يمكن أن تتحقق فى الاتجاه العكسى إلا بفقد جزء من الطاقة فمثلا يمكن أن تنتقل كمية حرارية بأكملها من جسم حار إلى جسم بارد وليس العكس ممكنا كذلك يمكن تحويل طاقة حركية بأكملها إلى طاقة حرارية وليس من الممكن تحويل طاقة حرارية بأكملها إلى طاقة حركية ، إذ يفقد جزء من الحرارة إما عن طريق الاشعاع ، وإما بتسربه إلى بعض المواد الموصلة للحرارة كالمعادن ، ويترتب على هذا أن الطاقة فى الكون آخذة فى النقصان التدريجى غير الملموس

راجع : د. محمود قاسم / المنطق الحديث ومناهج البحث – الطبعة الثالثة مكتبة الانجلو ١٩٥٤ ص ٢٧١

ببحث نظرى أبان فيه أنه من المستطاع تغيير كتلة أى جسم مكهرب إذا ما حرك ، كما أبان أنه كلما زادت سرعة هذا الجسم زادت كتلته - وهذا يتعارض مع رأى نيوتن بأن الكتلة ثابتة لا تتغير فاختفت بذلك من ميدان العلم إلى وقت ما قاعدة عدم فناء الكتلة ، حيث لم يكن من المستطاع اختبارها بالملاحظة - لتعذر شحن الأجسام العادية بالكهرباء ولتعذر تحريكها بما يكفي من السرعة لاظهار ما تنبأ به ج . ج . طومسون من تغيير ملحوظ فى كتلة هذه الأجسام .

طبيعة المادة فى العصر الحديث :

افترض مفكرو الأزمنة القديمة قابلية المواد للانقسام وحاولوا أن يهتدوا إلى أساس لفهم ملامح الدوام للظواهر الطبيعية رغم تنوعها وقابليتها للتغير ، ومع بداية العصر الحديث كانت أفكار النظرية الذرية لجون دالتن Dalton قد ساهمت فى سبيل تقدم الفيزياء والكيمياء منذ عصر النهضة . إلا أنها أعتبرت حتى مطلع هذا القرن مجرد فرض . ومع نهاية القرن التاسع عشر وبفضل التقدم التكنولوجى فى إجراء التجارب وتسجيل النتائج أمكن الحصول على معلومات عن الجسيمات المكونة للذرات ذاتها وتبين خطأ الأعتقاد بأن الذرة هى أبسط مكونات المادة ولا تنقسم . وأصبح فهم ذلك أمراً مستطاعاً . وكانت قد أتاحت لنا آراء جاليليو Calileo ضرورة أن يقوم وصف الظواهر على كميات قابلة للقياس واستبعاد الآراء التى أعاقت طويلا صياغة الميكانيكا بطريقة معقولة .

ولقد أسهمت مبادىء نيوتن Newton فى إمكانية التنبؤ بحالة أى مجموعة فيزيائية فى وقت لاحق إذا علمنا حالتها فى لحظة معينة أو معلومة ، بل يمكن القول أن مبادىء نيوتن تعنى قبل كل شىء إيضاحا بعيد المدى لمشكلة العلة والمعلول ، إذ أتاحت لنا التنبؤ بالحالة المقبلة لأية مجموعة إستنادا إلى حالتها السابقة وهى حالة تحددها كميات قابلة للقياس . مما دعى إلى التصور الميكانيكى للطبيعة فى حين أن ديكارت Decartes يرى أن المادة تتخذ أشكالا مختلفة لأنها امتداد فى المكان بفعل حركاتها وحيث رفض الفرض الذرى وفرض العناصر الأربعة . بعد ذلك إتضح ومع التقدم العظيم فى الفيزياء فى القرن الأخير أن الأفكار الذرية متزايدة الثراء والخصوبة - وتوصلنا عن طريق التطبيق المباشر للميكانيكا الكلاسيكية إلى معرفة التأثيرات المتبادلة بين الذرات والجزئيات أثناء الحركة التى لا تتوقف وإلى فهم عام لمبادىء الديناميكا الحرارية . بفضل أبحاث كلارك مكسويل Maxwell حين وضع قوانين الغازات وخواصها الحرارية فى مبادىء أساسية على أساس الفرض الذرى .

طبيعة المادة المعاصرة :

خلال أربعين عاما مرت طبيعة المادة بمراحل أربع هى :

(ا) المادة مؤلفة من ذرات جسيمية .

(ب) المادة موجات وليست ذرات .

(جـ) المادة جسميات وموجات معا .

(د) الجسيمات والموجات مؤلفة من حوادث .

(أ) المادة مؤلفة من ذرات جسيمية :

مع بداية القرن العشرين ومع ظهور خاصية النشاط الأشعاعى أمكن دراسة/الكثير من خصائص المادة ، التى ازدادت بتقدم وسائل التكبير وأمكن التوصل إلى معرفة المجموعات الذرية[(١)] ولم تعد الذرة أبسط مكونات الكون – وكانت أولى الخطوات هى الأهتداء إلى الالكترون باعتباره مكونا مشتركا فى كل المواد وعلى أثر اكتشاف **رذرفورد** للنواة الذرية التى تضم فى حيز متناهى الصغر كل كتلة الذرة تقريبا استكملت بشكل أساسى أفكار العلماء عن البناء الذرى .

ولقد فسر الفيزيائيون سر عدم تغير العناصر خلال العمليات الفيزيائية والكيميائية حيث النواة تظل كما هى على الرغم من ارتباطها بالالكترونات التى تتأثر تأثيرا بالغا سواء بالزيادة أو النقصان، ثم أستطاع « رذرفورد » أن يثبت قابلية النواة للتحول عندما تستخدم عوامل أقوى مثل قذفها ببروتونات أو نوى عناصر أخرى – وهذه الأبحاث هى التى قادت الفيزيائيين إلى إمكان اطلاق مقادير هائلة من الطاقة مختزنة فى النواة . وعلى الرغم من أن كثيراً من خواص المادة أمكن تفسيرها تبعا للصورة البسيطة للذرة إلا أنه كان واضحا أن الأفكار الكلاسيكية للميكانيكا والكهرومغناطيسية ليست كافية لتفسير الاستقرار الأساسى للتكوينات الذرية الذى أظهرته الخواص النوعية للعناصر .

---

(١) **المجموعات الذرية** : هى الشق الحمضى المكون للأملاح والمركبات وقد تكون أحادية أو ثنائية أو ثلاثية مثل الأيدروكسيد ، الأمونيوم ، والكلوريد ، والنترات ، وهى مجموعات ذرية أحادية الأيدروجين ومثل الكربونات والكبريتات كمجموعات ذرية ثنائية الأيدروجين ومثل الفوسفات كمجموعة ذرية ثلاثية الأيدروجين ويستخدم المنهج الرمزى فى التعبير عن هذه المجموعات . راجع :

Gerlach, W.; **Matter, Electricity, Energy**. D. Van Nostrand Co., 1928 p.218

وكان لاكتشاف نظرية الكوانم فى السنة الأولى من القرن العشرين أثره فى تحليل قوانين الأشعاع الحرارى - أوضح هذا الأكتشاف أن النظريات الفيزيائية الكلاسيكية ليست صحيحة إلا عندما تصف ظواهر تتكون عند تحليلها من أفعال كبيرة جدا بالقدر الذى يسمح باهمال كم الاشعاع والتجاوز عنه وقد أمكن بفضل الجهود الذاتية لجيل من الفيزيائيين الوصول تدريجيا إلى اقامة وصف متماسك شامل للظواهر الذرية . وهذا الوصف أستخدمت فيه الرياضيات الرمزية التى تتضمن ثابت بلانك حيث مهدف إلى اقامة علاقات بين مشاهدات حصل عليها الفيزيائيون فى ظروف محددة . هذه العلاقات الرياضية لها الطابع الاحصائى .

(ب) المادة موجات وليست ذرات :

وجد العلماء أن الطبيعة الذرية للاشعاع - لم تعد قادرة على تفسير سرعته وأن الذرة فى حركة جزيئاتها لا تصل إلى هذه السرعة إلا أن ماكس بلانك قد أثبت أن بالذرة طاقة تتخذ عدة صور ضوئية وحرارية وصوتية وكهربية وحركية ومغنطيسية وطاقة ترابط كميائى فى المركبات - والطاقة الضوئية منها ما هو مرئى - أما غير المرئى فهو الإشعاع الذى يتخذ صوراً موجية كثيرة كالمستخدمة فى أجهزة الإرسال والاستقبال . والذرة ليست موضوع إدراك مباشر بالحواس وإنما معرفتنا لها استدلالية بإشارة الإلكترونات[1] فى المدارات الخارجية للعنصر الأشعاعى المستخدم بأشعة ألفا (دقائق نوى الهيليوم) فتكتسب إلكترونات المدار الخارجى طاقة - فتنطلق موجة ضوئية على هيئة إشعاع يتحرك بسرعة الضوء . إلا أن الذرة نفسها فى حركة جزيئاتها لا تصل إلى هذه السرعة . فى هذه الفترة أدرك العلماء وجه التشابه بين الموجات الصوتية والضوئية فالصوت يتحرك فى الهواء عبر اهتزازات موجية والضوء بالمثل وتزعم المناداة بهذه النظرية العالمان الفيزيائيان « لويس دى بروى » « وشرودنجر » - فى نفس الفترة كان « هيزنبرج » قد أعلن مبدأ اللايقين أو اللاتحديد وعدم إمكانية تحديد الوضع المكانى للالكترون وتحديد سرعته فى لحظة واحدة .

كل ذلك دعم القول أن ذرات المواد من طبيعة موجية لا جسيمية لها شحنات كهربية وأن هذه الطبيعة الموجية لا تدرك أيضا بالحس بالمباشر وليس لها وجود فيزيائى محدد . وإنما هى تصور عقلى نفهمه من الرموز الرياضية المجردة المستخدمة للاستدلال . وأن الضوء

(١) Stokley, James; **Electrons in action.** Mc Grow-Hill Book Co., 1946 p.28

يتألف من جسيمات هى فوتونات Photons وفى إطار النظرية الجسيمية أمكن القول أن الضوء يتألف من جسيمات تقذف بها الشمس من كتلتها – فى حين أن ما ندركه ليس بروتونات والكترونات وإنما ما نسميه طاقة[1] Energy.توجد الطاقة فى كل جزء من المادة وقد تكون هذه الطاقة حرة Free energy وتسمى إشعاعاً Radiation وهذا الإشعاع يتألف من جسيمات نطلق عليها فوتونات وهى إحدى صور الطاقة ، وهذا ما يقودنا إلى تصور بلانك ، ومؤداه أن الإشعاع أو الفوتون إنما هو من طبيعة جسيمية لا موجية ، حيث أن الفوتون ينتقل بسرعة عبر الخلاء فى خطوط مستقيمة وقد تبين ذلك عند إمراره إشعاع فى غاز – فتأينت وتبعثرت جزيئات الغاز ، فإذا كان الإشعاع مؤلفا من موجات أثيرية لتبعثرت كل جزيئات الغاز أو أغلبها – وهذا ما لم يحدث ، ومن ثم كان تأييد بلانك لنظرية نيوتن الجسيمية فى الضوء . إلا أن اكتشاف هيزنبرج لمبدأ اللايقين ، دعم القول أن الذرات من طبيعة موجية – ليس لها وجود فيزيائى محدد وليست موضوع ملاحظة حسية مباشرة . يقول عنها جيمس جينز : إنها أى الموجات تركيبات عقلية يتصورها العلماء لتفسير ما يحدث داخل الذرة ولا يمكن وصفها إلا فى صيغ رياضية رمزية ولا تعرف الموجة الضوئية إلا بتأثيرها على الأعصاب البصرية .

(جـ) المادة جسيمات وموجات معا :

فى منتصف الثلاثينات أعلن العالمان الفيزيقان « هيزنبرج » و« ماكس بورن » أن ذرات المواد تفسرها الطبيعة التكاملية المزدوجة أى أن ذرات المادة جسيمات وموجات معا وأن الضوء جسيمات حين تسقط أشعته على أى جسم وموجات حين ينطلق عبر الفضاء .

وهكذا نصل إلى خلاصة التصورين الجسيمى والموجى للمادة أو الطاقة على أنهما مظهران لواقع واحد ، ولا يمكن التعبير عن ذلك التكامل إلا برموز ، رموز رياضية ذات تراكيب معقدة .

وأمكن للعلماء تطبيق التصور المزدوج على كل صور المادة والطاقة مع الالتزام بالوصف التجريدى الرياضى والذى لم يجد العلماء سبيلا سواه .

---

(١) وصل هيزنبرج إلى نقطة هامة فى طبيعة المادة : وهى أنها غير معروفة بمعنى أننا لانستطيع القول أن المادة تتألف من ذرات أو من طاقات – نستطيع فقط أن نقول أننا نعرف المادة عن طريق الذرات أو الطاقة : راجع : د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ص ١٨٠ – ١٨١ دار الجامعات ٧٤

أثبت رذرفورد أن الذرة تتكون من الكترونات سالبة الشحنة الكهربائية وبروتونات موجبة الشحنة وقد أمكن فصل كليهما خلال التجارب مع انطلاق كميات هائلة من الطاقة والأشعاع . وفي عام ١٩٠٥ توسع أينشتين Einstein في تطبيق هذه النظرية وتعميمها ، فقد أثبت أن كل ما يمكن أن نتصوره من أنواع الطاقة يجب أن تكون له كتلة – ودلت بحوث أينشتين أن كتلة الطاقة أيا كان نوعها موقوفة على مقدار الطاقة وحدها وتتناسب معها بالضغط وهذه الكتلة صغيرة جدا فالطاقة التى يبذلها انسان فى عمل يدوى شاق خلال حياة طويلة الأمد لا تزن أكثر من ١ ÷ ٦٠,٠٠٠ من الأوقية . وأصبحت الكتلة تتكون من مجموع كتلتى السكون والطاقة . ولما كانت كلتا الكتلتين على انفراد باقية لا تفنى « الأولى لأن المادة باقية والثانية لأن الطاقة باقية « فلابد أن تظل الكتلة فى مجموعها باقية لا تفنى – هكذا كشفت الفيزياء أن لبقاء الطاقة شأنا فى بقاء الكتلة وأصبح من المقرر الآن أن السبب الوحيد فى بقاء الكتلة هو أن المادة والطاقة باقيتان كلتاهما على انفراد ، وطالما كانت الذرات معدودة باقية لا تفنى وأنها كما قال مكسويل « أحجار بناء الكون التى لا تنعدم » فقد كان من الطبيعى أن ينظر إليها على أنها مكونات الكون الأساسية – أى أن الكون يعد كونا من الذرات ، ليس للإشعاع فيه إلا أهمية ثانوية . وافترض أن الذرة حين تتذبذب – تصدر إشعاعا إلى أمد قصير . وهذا يفسر لنا لماذا استحال على الأنسان أن يتصور كيف استطاعت الشمس أن تستمر على الأشعاع آلاف الملايين من السنين أو أكثر . أمكن « لفراداى ومكسويل » Faraday & Maxwell تقديم المزيد من الأيضاح للجسيم المكهرب فشبهوه بجسم تخرج منه زوائد أو قرون الأستشعار وتسمى « خطوة القوة » تنتشر فى الفضاء فإذا تجاذب أو تنافر جسمان مكهربان فالسبب يرجع إلى إشتباك أو دفع الزوائد فى كليهما بطريقة ما وهذه الزوائد تتكون من قوى مغناطيسية وكهربائية يصدر عنها الإشعاع – هذا التصوير جعل المادة والأشعاع أوثق[1] ارتباطا مما كانا من قبل ، ولما كانت أنواع الأشعاع جميعها صورا وأشكالا من الطاقة وجب أن تكون طبقا لقاعدة أينشتين ذات كتل أيضا ، فإذا ما بعثت الذرة اشعاعا نقصت كتلتها بقدر كتلة الأشعاع المنبعث منها . فإذا أحرقت قطعة من الفحم فان وزنها لا يساوى وزن ما ينتج عنها من رماد ودخان فقط بل يجب أن يضاف إلى وزن الرماد والدخان ووزن الضوء والحرارة اللذين ينبعثان فى أثناء عملية الأحتراق –

(١) J. Jeans; **Mysterious Universe.** London. 1940. p.63

وعندئذ فقط يكون المجموع الكلى مساويا لوزن قطعة الفحم الأصلية بالضبط ولذلك يلوح أن ما كان يقال فى القرن السابع عشر من أن الضوء مجرد جسيمات Particles وما كان يقال فى القرن الثامن عشر من أن الضوء مجرد موجات Waves يلوح أن كليهما كان صواباً .

ذلك أن الضوء وجميع أنواع الاشعاع من غير شك عبارة عن جسيمات وأمواج فى وقت واحد - إن الاشعاع الواحد قد يتخذ لنفسه شكل جسيم وموجة فى وقت واحد فهو تارة يسلك مسلك الجسيمات وتارة يسلك مسلك الموجات ولم تعرف بعد قاعدة عامة يستدل منها أى مسلك سوف يختاره الإشعاع فى أى حالة خاصة . وواضح أنه لكى ندرك ثبات المادة فى الطبيعة لابد من افتراض أن الجسيمات والأمواج فى جوهرها شىء واحد . أما الإلكترونات والبروتونات وهى الوحدات الأساسية المكونة للمادة - فهى كذلك تظهر فى شكل جسيمات حينا وعلى هيئة موجات حينا آخر - فقد كشفت الطبيعة الثنائية للالكترونات والبروتونات حديثا - أنها تبدو فى شكل جسيمات وموجات معا بمثل الصورة التى عرفت فى طبيعة الاشعاع[١] .

وقد بين أينشتين أن الطاقة لابد لها من كتلة ، ولما كانت كل التجارب تشير إلى صحة نظريته - أصبح من المقبول أن للطاقة وللأشعاع كتلة وأن قطعة الفحم المتوهجة إذا وزنت هى وما تخلف عن إحتراقها لوجد فارق بين هذا الوزن وبين وزنها قبل الأشتعال ، هو وزن الضوء والحرارة والصوت ونحو ذلك من أشكال الطاقة المنبعثة من التوهج . هذه الطاقة على اختلاف أشكالها يمكن أن ترد إلى طاقة شعاعية هى التى ترد إليها المادة فى كل صورها وأشكالها . هكذا انتهى الأمر بالمادة إلى أن أصبحت اشعاعا متحركا متوجا منطلقا فى غير وسط مكانى - ولم يعد هناك ما يوجب إحكام حركة هذا الإشعاع بمقاييس الزمان كما كان يحكمها الأقدمون فى قياسها بعلاقاتها المكانية والزمانية .

فقد حلت محل كل هذه الأفكار - أفكار جديدة مستمدة من نسبية أينشتين . مادامت المادة كلها إشعاعا فى حالات مختلفة متجسدة مرة ومنطلقة فى هيئة ضوء أو مغناطيسية أو حرارة أو كهرباء .. ألخ فليس فى الكون كله شىء غير الإشعاع - وكل ما هنالك مما يخيل للانسان من التغاير - هو تغاير اشعاع متجسد من إشعاع منطلق - إن التمييز بين أنواع الأشعة إنما يرجع فى كثير من عناصره وأحواله إلى فكرة المكان المتميز فيه الجسم المشع - وفكرة الزمان المستمر فيه الجسم المشع على البقاء ، إن حركة الشعاع ليست مطردة - هذا ما أثبته بلانك . إن المعدن المشع يخرج نبضات متقطعة منفصلة وأن الضوء يتحرك فى

---

(١) A. D., Abro; The Evolution of scientific thought. 1950. p.208

قفزات تموجية غير مطردة على نسق واحد ، وأن الفرق بين القفزة والقفزة قد يصل فى بعض الأحيان إلى أربعة سنتيمترات وأنها لا ضابط لها قد تطول إذا شاءت وقد تقصر إذا أرادت بحيث يتعذر التنبؤ بالقفزة التالية بناء على كل ما سبقها من قفزات[1] . ليس فى الأمر إطراد إذن - يزيد هيزنبرج الأمر تقريرا وثبوتا حين يقرر أن التجارب الفيزيائية على اختلاف أنواعها لا تتشابه على الإطلاق ولا تأتى تجربة منها وفاقا للتجربة الأخرى تمام الموافقة مهما اتحدت الظروف وأجهزة القياس . ليس هناك إطراد وإن كان يخيل للانسان فى حياته اليومية أنه قائم .

تتفتت المادة إلى جزيئات متناهية فى الصغر ويصدر عنها نشاط إشعاعى ، ويموج الشعاع فى قفزات ما ويبحث العلماء لموجاته عن وسط أو مكان فلم يجدو - بحثوا فى كل اتجاه وساروا وراء كل احتمال أو فرض عساهم ينقذون المادة من اللاحتمية القاسية . ويرجعونها إلى خضوعها للقوانين الكلاسيكية القديمة فلم يتمكنوا وأصبح لزاما عليهم أن ينظروا للمادة على أنها قوة أو طاقة أى أنها معادلة رياضية تحسب بالتجريد والمجردات .

(د) الجسيمات والموجات مؤلفة من حوادث :

لقد نشأت فكرة المادة حين كان الفلاسفة لا يخامرهم أى شك فيما يتعلق بمفهوم « الجوهر » فالمادة كانت تعتبر جوهراً واقعاً فى المكان والزمان ، والعقل كان جوهرا واقعا فى الزمان فقط - ولقد أخذت فكرة الجوهر تزداد غموضا فى الميتافيزيقا بمضى الزمن . لكنها بقيت فى علم الفيزياء حيث لا ضرر منها - حتى ظهرت النظرية النسبية « والجوهر » طبقا لما جرى عليه التقليد - فكرة تتركب من عنصرين : أولهما أن الجوهر من الناحية المنطقية لا يقع إلا موضوعا لقضية من القضايا ولا يقع محمولا أبدا والثانى أنه شىء باق على الزمن - أو خارج عن نطاق الزمن كما هو الشأن فى حالة (الله جل جلاله) وليس بين هاتين الخاصيتين صلة ضرورية - ولكن هذه الحقيقة لم تكن تحظى بالاهتمام لأن علم الفيزياء كان يقول أن أجزاء المادة لا تفنى ، والأديان تقول أن الروح لا تفنى ، فكلاهما إذن فيما ظن المفكرون له خصائص الجوهر - أما الآن فإن علم الفيزياء قد يضطرنا إلى اعتبار الأحداث المتلاشية جواهر بالمعنى المنطقى ، أى أنها موضوعات ولا يمكن أن تكون محمولات . فقطعة المادة التى حسبناها وحدة مستقلة باقية - هى فى الواقع سلسلة من الحوادث Chain of Events[2] ولا يوجد مبرر يمنع من القول نفس الشىء عن

(١) J, Jeans, Mysterious Universe. 1940. p.29

(٢) المفرد حادثة وهى شىء يسبق شيئا آخر أو يتبعه أو يتداخل معه ، والمادة أو الطاقة أشبه بخط مؤلف من نقط يعبر كل منها عن حادثة من حوادث المادة أو الطاقة فى حيز من المتصل الزمكانى -

العقل - فالذات الثابتة خرافة فيما يبدو - مثلها كمثل الذرة الدائمة فكلتاهما مجرد سلسلة من الحوادث التى توجد بينها بعض العلاقات ذات الشأن .

لقد أتضح أن المادة - ذلك الجوهر القديم المألوف الذى يتألف منه العالم هى أقرب إلى الغموض فالمادة يمكن أن تتحول إلى طاقة ، وإن لم يصدق هذا القول - فلدى كثير من دول العالم القنابل التى تثبته - والطاقة بدورها يمكن أن تتحول إلى مادة - وتبدو الجسيمات دون الذرية للمادة أشبه بجيوب للطاقة - وهكذا ، فإن الكون المؤلف من مادة لا يختلف عن كونه طاقة - وقد أدت هذه الأفكار بالفيزيائى الانجليزى المشهور « السير جيمس جينز » إلى النتيجة القائلة أن الكون قد يكون فى أساسه ذا طبيعة روحانية .

منذ أن بدأ التفكير العلمى النظرى هناك تصوران تقليديان للمادة ، ولكل منهما أنصاره ، كان هناك الذريون الذين رأوا أن المادة تتألف من أجزاء متناهية فى الصغر - ولا يمكن تقسيمها أبدا - هذه الأجزاء تصطدم بعضها بالبعض الآخر ثم ترتد بطرق متعددة وبعد نيوتن لم يعد من المفروض اصطدام هذه الأجزاء بعضها بالبعض الآخر . وكان هناك أولئك الذين يعتقدون أن شيئا من المادة فى كل مكان ، وأن الفراغ الحقيقى مستحيل وعلى رأس المعتنقين لهذا الرأى ديكارت - وبعزون حركات الكواكب إلى دوامات فى الأثير Ether وتسببت نظرية نيوتن فى الجاذبية فى إهدار قيمة الرأى القائل بأن المادة موجودة فى كل مكان - خاصة وقد أعتقد نيوتن وتلاميذه أن الضوء راجع إلى جزيئات حقيقة تنتقل من مصدر الضوء[1] - ولكن حين دحضت نظرية الضوء وثبت أن الضوء يتألف من موجات بعث الإثير من جديد حتى يوجد شيء يمكن أن يتموج - وزاد نصيب الأثير من الاحترام حين وجد أنه يلعب نفس الدور فى الظواهر الكهرومغناطيسية Electromagnetic.P كما يفعل فى انتشار الضوء . ثم جاءت الفيزياء الحديثة وزودتنا بالتفاصيل عن التركيب الذرى للمادة دون المساس بفكرة الاثير - ويرجع الفضل فى ذلك إلى جهود جول طومسون ورذرفورد وغيرهما ، وظهرت النسبية بعد ذلك لأينشتين وبدأت بالنظر إلى الأشياء مستبدلة الزمان والمكان بمتصل « الزمان - المكان » وأصبحت مقدمات المادة ما ارتأى البعض تسميته فيما اسلفنا بالحوادث Events والحادثة لا تبقى

= والحوادث فى مجموعات تؤلف سلسلة مترابطة لعلاقات تحددها معادلات رياضية ولذلك فهى لاتقبل الادراك الحسى ولاتوصف الا بالتجريد الرياضى .

راجع : د. محمود فهمى زيدان من بحث يجرى طبعه الآن .

(١) Dampier, Sir William, A History of science.

فى الصفحات من ٢٣٨ - ٢٤٢ عرض تاريخى للنظرية الجسيمية للضوء .

ولا تتحرك كقطعة المادة التقليدية ، إنها توجد فى اللحظة التى تقع فيها ثم تنتهى . أى أن قطعة المادة تتحلل إلى سلسلة من الحوادث وكما كان الجسم الممتد عند ديكارت (فى الرأى القديم) مكونا من عدد من الجسيمات - فكذلك كل جسم يتكون من حوادث لأنه ممتد فى الزمان - وأطلق عليها جسيمات حادثية Event Particles ومجموعة سلاسل هذه الحوادث هى التى تؤلف تاريخ الجسيم كله وينظر إلى الجسيم « على أنه » تاريخه لا على أنه كيان ميتافيزيقى تحدث له تلك الحوادث .

وأصبح هذا الرأى ضروريا لأن النسبية ترغمنا على أن نضع الزمان والمكان فى مستوى واحد لم يكونا عليه فى الفيزياء القديمة يقول « برتراند رسل »[1] : تتخيل النظرة السليمة أنها حين ترى منضدة ، فإنها ترى منضدة وهذا وهم . والحقيقة أن موجات ضوئية معينة تصل إلى العينين ، مسببة أحداثا للعصب البصرى وهذا يسبب بدوره أحداثا فى المخ وأى واحد من هذه الأشياء يحدث بدون التمهيد ما يجعلنا نشعر بالأحساسات التى نسميها (رؤية المنضدة) ولو فسرت المادة بأنها مجموعة من الحوادث ينطبق هذا على العين وعلى العصب البصرى وعلى المخ - أما فيما يتعلق باحساس اللمس حين نضغط على المنضدة بأصابعنا ، فإن هذا عبارة عن اضطراب كهربائى يحدث لالكترونات وبروتونات أطراف أصابعنا . ويقترح « برتراند رسل » لعدم التورط فى المسائل النفسية بخصوص المادة ، أن المادة وما يحدث داخل الذرة من المحال معرفته على الاطلاق - فليس من الممكن تصور جهاز يمكن أن نحصل به ولو على لمحة من ذلك . والذرة تعرف بتأثيراتها بيد أن كلمة تأثيرات تنتمى إلى رأى فى العلية لا يتلاءم مع الفيزياء المعاصرة - وعلى الأخص مع النظرية النسبية ولنا الحق فى القول أن مجموعات معينة من الأحداث تحدث معا فى أجزاء متجاورة من متصل (المكان - الزمان) . وحين يكون النظام الزمنى واحدا بالنسبة للمشاهدين جميعا ، فإن كل ما لدينا حقا عبارة عن رابطة بين حادثتين يمكن أن تصدق .

ومن الواضح أن جميع حقائق الفيزياء وقوانينها يمكن أن تفسر دون افتراض أن المادة شيء أخر سوى مجموعات من الحوادث بحيث تكون كل حادثة على نحو ينبغى أن ننظر إليه طبيعيا بوصفه « ناتجا » عن المادة موضوع الكلام - وهذا لا يقتضى أى تغيير فى رموز أو صيغ الفيزياء فالمسألة مجرد تفسير للرموز ، وهذا التفسير سمة الفيزياء الرياضية ، فما نعرفه عبارة عن علاقات منطقية مجردة تجريدا شديدا ، علاقات نعبر عنها فى معادلات رياضية ونصل عند نقاط معينة إلى نتائج يمكن اختبارها تجريبيا ، مثل مشاهدات الكسوف التى تأسست عليها نظرية أينشتين عن انحناء الضوء ، ويمكن أن يقال أننا

(١) Russell, **A B C of Relativity**. p. 136.

نستطيع فى المعالجة الرياضية للفيزياء أن نكون أشد يقينا من صحة المعادلات أكثر من يقين التفسير هذا أو ذاك .

يقول برتراند رسل : فى تحليل الشىء إلى سلسلة من حوادث إن ما أعنيه فيما يختص بعدم دوام الكائنات المادية ، ربما ازداد وضوحاً إذا اتخذنا من السينما أداة للتوضيح[1] – وهى وسيلة إيضاح كانت محببه إلى برجسون Bergson فعندما قرأت لأول مرة عبارة برجسون القائلة بأن الرياضى يتصور العالم على غرار السينما The Mathematician conceives the world after the analogy of a cinematograph. لم أكن قد رأيت السينما قط من قبل ، فزرتها لأول مرة مدفوعا برغبة التحقق من صدق عبارة برجسون هذه – فوجدتها صادقة صدقا كاملا ، على الأقل من وجهة نظرى فنحن فى دار السينما إذ نرى رجلا يتدحرج على سفح التل ، أو يعد وفراراً من البوليس أو يهوى ساقطا فى نهر – أو يفعل شيئا من تلك الأشياء الأخرى التى لا ينقطع الناس فى مثل هذه الأماكن عن فعلها – فنحن نعلم أنه ليس فى حقيقة الأمر رجلا واحداً هو الذى يتحرك ، بل هى سلسلة متتابعة من صور فوتغرافية – كل منها يصور رجلا يختلف عن الآخر اختلافا مؤقتا ، وإنما جاءنا الوهم بأنه رجل واحد فى جميع الحالات من أن سلسلة الرجال المتتابعين على لحظات هى أشبه شىء باستمرار الكائن الواحد .

يقول برتراند : ما أود الآن أن أعرضه على سبيل الاقتراح هو أن السينما فى هذا الأمر تقوم بدور الميتافيزيقى على نحو أفضل مما يقوم به الإدراك العام فى الفيزياء أو الفلسفة فعقيدتى هو أن الرجل على حقيقة – إن هو الا سلسلة من رجال كل منهم دام لحظة . The real man is really a series of momentary men. وكل منهم يختلف عن الآخر – لكنهم جميعا مرتبطون فى وحدة – لا عن طريق الذاتية العددية Numerical identity بل عن طريق الاستمرار ، وطائفة معينة من قوانين العلية Causallaws التى تدخل فى طبيعة الموقف – وهذا الذى ينطبق على الناس ينطبق كذلك سواء بسواء على المناضد والمقاعد وعلى الشمس والقمر والنجوم فينبغى النظر إلى كل من هذه الأشياء ، لا على أنه كائن واحد فرد يدوم على الزمن ، بل على أنه سلسلة من كائنات يتبع بعضها بعضا فى الزمن ، وكل منها يدوم فترة غاية فى القصر ، ولو أنها على الأرجح فترة تزيد على اللحظة الرياضية التى هى بغير امتداد وموقف رسل هنا ، هو بعينه تصور أينشتين للكون فهو

(١) راجع : Russell, B.; Mysticism and logic. p.123
Russell, B.; Our Knowledge of the external world.
Russell, B.; An out-line of philosophy.

ليس مؤلفا من بشر وحيوانات وأشجار وبحار وصخور وكواكب ونجوم ومجرات ، وإنما هو مؤلف من حوادث أو أن هذه الموجودات ترد إلى حوادث ويستطرد برتراند فيقول : إنما الجأ إلى تقسيم الزمن على نفس الصورة التى اعتدناها فى تقسيم المكان ، فالجسم الذى يملأ قد ما مكعبة هو فى رأس الناس مؤلف من مجموعة من أجسام أصغر كثيرة العدد كل منها يشغل حيزا صغيرا فى الفراغ – وهكذا الشيء الذى يدوم بقاؤه ساعة من زمان – ينبغى اعتباره مؤلفا من أشياء كثيرة يدوم كل منها فترة أقصر . فالنظرة الصادقة عن المادة تتطلب تقسيما للأشياء إلى جزيئات زمانية – كما تتطلب تقسيمها إلى جزيئات مكانية سواء بسواء[1] .

A true theory of matter requires a division of things into time-Corpuscles as well as into space-Corpuscles.

إن عالم الطبيعة هو مجموعة كبرى من الحوادث غير أن هذه الحوادث يرتبط بعضها ببعض بأنواع العلاقات ارتباطا يوجى بتعاقب الحوادث فى نقطة مكانية فنقول « ماضى وحاضر ومستقبل » .

وتتجاور الحوادث بحيث تكون واحدة على يمين الأخرى أو يسارها أو فوقها أو تحتها فنقول هذا المكان أو ذاك ، ويكون بين الحادثتين المتجاورتين مسافة يمكن قياسها وهذه المسافة التى تفصل الحادثتين قد تكون مسافة من مكان وقد تكون فترة من زمن وإنما تكون المسافة زمنية حين يكون الجسم الواحد بعينه موجودا فى الحادثتين معا وتكون المسافة مكانية حين تكون الحادثتان فى جسمين[2] .

ولكن تحدد لحادثة من حوادث العالم وضعها مكانا وزمانا – يلزمنا أربعة أرقام – أحداها يدل على اللحظة الزمنية والثلاثة الأخرى تدل على أبعاد المكان الثلاثة . حين نتحدث عن « الذرة » نكون أميل إلى تصورها شيئا ثابتا ككرة صغيرة لها حدودها وأوضاعها الثابتة ، لا على أنها شحنة كهربائية ، الإلكترونات فى حالة تحرك لمواضعها كأنها خلية من النحل لا تستقر نحلة فيها على حالة واحدة فى مكان واحد .

إن القول عن الذرة بأنها موجودة كالقول بأن النغمةُ الموسيقية موجودة – فإن كانت النغمة تتطلب زمنا لعزفها – فلابد من تصورها كسلسلة حوادث تتصل بعضها ببعض فى

---

(١) التجاور يكون فى الزمان كما يكون فى المكان بعد ظهور النسبية .

Russell. B.; The analysis of matter. NewYork 1924 p.275

(٢) نفس المرجع السابق ص ٢٨٠

تعاقب لتكوين نغمة واحدة – هكذا الذرة سلسلة من حوادث متعاقبة يتكون منها خيط واحد . ولئن كانت الرابطة فى نبرات النغم هى الوحدة الجمالية فإن الرابطة فى حوادث الذرة هى الوحدة العلية المعينة التى تبرر أن نطلق على « الشيء » إسماً واحداً . فلابد لنا من تصور « الشيء » كائنا ما كان على أنه كالمسرحية أو كالنغم الموسيقى أو الشريط السينمائى – خيط من حوادث يرتبط بعضها ببعض بعلاقات عليّة . هكذا نصل بأنه على مر العصور لا أمل لنا فى الوصول إلى طبيعة المادة وانما معرفتها ومعرفتنا المعاصرة محدودة برموز رياضية ترشد لفهم المادة ولا تتحدث عن طبيعتها .

ان الفلاسفة ورجال العلم كلهم دائبو الفكر والبحث والتأمل لكى يصلوا إلى كشف أسرار الحياة الغامضة وقد قال أفلاطون Plato إن كل محب للمعرفة لابد أن يجرى وراء الوجود . فلن يرتاح إلى تعدد الظواهر التى هى فى الحقيقة مجرد ظاهر ، لا حقيقة[1] .
The true of knowledge is always striving after being... He will not rest at those multiitudinous phenomena whose existence is appearance only·
وقال : « إن دنيا الرؤية مثل بيت السجن » وكل طريق سلكته العلوم للهروب من هذا السجن يؤدى إلى مسالك غامضة من الرموز والتأملات .

إن مطلب العلماء والفلاسفة لمعرفة طبيعة أو حقيقة المادة الكونية يبدو عسيرا – ولو أفترض أن كل شيء لا يعتبر موجوداً إلا برؤيته فان العالم يتحلل إلى فوضى من الادراك الفردى ولكن هناك نظاما غريبا فى مداركنا كأنما توجد طبقة سفلية للحقيقة الموضوعية التى تترجمها حواسنا – ومن المستحيل أن يعرف أى انسان إن كان يتفق مع غيره فى مدى احساسه باللون الأحمر أو ادراكه لنغمة معينة ولكنه من الممكن إفتراض أن كل الناس تتشابه فى رؤية الأحمر والأستماع إلى النغمات . هذا الانسجام الوظائفى للكون لابد وأن ينسب فضله إلى « الله جل شأنه » كما يرى **ديكارت وسبينوزا وبيركلى** .

وعلماء الطبيعة المعاصرون يؤكدون أن الكون يعمل على أسس رياضية وأنها الدقة الرياضية لكل ما نلحظه من ظواهر فى الكون هى التى يعود اليها الفضل فى تدعيم العلماء أمثال بلانك وأينشتين على التنبؤ وكشف القوانين الطبيعية . وذلك على الأساس البسيط المستخدم لديهم من حل المعادلات الرياضية ولذا يرى العلماء اليوم أنه كلما تقدمت العلوم الرياضية – تقل الهوة بين معرفة الانسان والكون – كما أنه من المؤكد أن أكثر غوامض الكون توجد فى العوالم البعيدة عن احساس الأنسان وادراكه – وأن العلم بسبب عجزه عن وصف الحقيقة – لابد أن يقنع بملاحظة نتائج معادلاته الرياضية وقد اضطرت

(١) L. Barnett; The Universe and Dr Einstein 1956 p.116

العلوم إلى تجاوز حدود الحواس « للتمييز بين المظهر والحقيقة » "Distinguish appearance from reality" أو بين المشاهد وحقيقته أو لمعرفة أسرار الكون وكشف عطائه وقد أشار أينشتين إلى العلوم فقال : « ان أهم ما وصلت إليه العلوم من بناء صخم إنما كان ثمنه فى النهاية فراغ المكونات « لأن الحياة التى يعرفها الأنسان هى فى الواقع تلك الحياة التى يدركها بحواسه لأنه لو أزال كل أثر مع أثار حواسه ومن كل ما تختزنه ذاكرته فلن يبقى له شيء اطلاقا وهذا ما عناه الفيلسوف **هيجيل** **Hegel** فى قوله : « ان الوجود الخالص يعادل لا شيء » . أو لا شيء اسمه الوجود الخالص[١] "Pure Being and nothing are the same" ولا معنى للوجود إذا فصل عما يحيط به – ومن ذلك فإن الدنيا فى نظر المفكرين من العلماء والفلاسفة دنيا الضوء وطول الموجات وليست دنيا السماء الزرقاء والأشجار الخضراء ، وتلك الدنيا التى يدركها الانسان بحواسه ، والتى تسجنه فيها طبيعته الأساسية . وما يسميه المفكرون من العلماء والفلاسفة بدنيا الحقيقة لا يعدو أن يكون بناءً كونيا من الرموز وهذه الرموز متغيرة ، فبينما كان علماء الفيزياء فى القرن الماضى يرون أن اللون القرمزى للوردة من صفاتها الذاتية نتيجة الأحساس بجمالها ، فإنهم كانوا يعتقدون أن حقيقة هذه الصفة نتيجة اهتزازات الأيثير . Oscillation of luminiferous ether ولكن العلماء المعاصرين يرون أن هذا اللون نتيجة طول موجة خاصة ويمكن القول أيضا أنه نتيجة طاقة الفوتونات . وبالاختبار نجد آراءنا عن الجاذبية والكهرومغناطيسية والطاقة والتيار وكمية التحرك والذرة والنيوترون كلها آراء نظرية واستعارات مستنبطة من معادلات رياضية ، رأى الانسان الاستعانة بها فى تصوير أبعاد الحقيقة – تلك الحقيقة الموضوعية الكامنة تحت المظاهر السطحية . ولذلك يصعب على العلماء إعلان أى حقيقة بصورة نهائية – بل على النقيض من ذلك فإن العلماء المعاصرين أصبحوا يثقون فى أن كل ما يشاهدونه لابد وأن يكون فى هذه المشاهدة شيء من الإنحراف[٢] .

ففى بحوث العلماء عن الذرة وصلوا إلى الأزدواج والتردد والتناقض بل ولعل العوائق التى تعوقهم دون الوصول للحقيقة تنذرهم بعدم الأمعان والتوغل فى الوصول إلى قلب الأشياء حتى لا يغيروا العمليات التى يجرون وراء مشاهدتها . وفى بحوث العلماء عن الكون وصلوا فى النهاية إلى متصل « المكان الزمان » وتكافؤ الكتلة والطاقة وتعادل المادة والمجال ولو أن العلوم الفيزيائية لا تستطيع أن تعرف حقيقة طبيعة المادة والأشياء إلا أنها قد نجحت فى تعريف علاقاتها ووصف حوادثها .

(١) نفس المرجع السابق ص ١١٨

(٢) نفس المرجع السابق ص ١١٩

يقول هوايتهد Alfred N. Whitehede ان الحادثة هى الوحدة التى تتألف من تعددها حقائق الأشياء[1] . أو هى الوحدة التى تؤلف الأشياء على حقيقتها The events is the unit of things real. ويقصد من وراء ذلك أنه مهما تغيرت النظم النظرية ومهما تغيرت رموزها – فان أهم حقائق العلوم الفيزيائية هى « الوقائع والحوادث » Activities and events .

الخلاصـــة :

لقد شهدت الفلسفة اليونانية القديمة أعلاما من رجالها يصفون طبيعة المادة الكونية بمثل ما يصفها به علم الطبيعة الحديث – لولا أنهم كانوا يتحدثون بلغة الكيف . وهذا العلم الحديث يتكلم بلغة الكم . العلم الحديث لم يتحدث عن التراب والهواء والماء والنار وأشباهها على أنها العناصر الأولية – بل رد هذه كلها إلى أنواع من الذرات التى لا تختلف كيفا بل تختلف كما – فذرة أقل من أخرى فى عدد الالكترونات السالبة أو الموجبة – وكذلك لم يعد العلم الطبيعى الحديث يتحدث باللغة الكيفية التى كان يتحدث بها الفلاسفة الأقدمون من حيث امتزاج العناصر وانفصالها .

ان فلاسفة الماضى وعلماء الحاضر المعاصر قد يتناولون موضوعا بذاته ، ويتفقون على فكرة بعينها لكن موضوع الاختلاف بينهم هو أن فلاسفة الماضى كانوا يتكلمون بلغة الكيف فجاء علماء الحاضر يلتمسون طريقهم إلى لغة أخرى هى لغة الكم .

أصبح علم الطبيعة يستخرج متوسطات ويقيس سرعات محتملة ويحسب بالدقة أبعاد المتصل الزمكانى ، كل ذلك باستخدام المعادلات الرياضية المجردة وحساب الاحتمال الاحصائى .

إن الاكتشافات العلمية المعاصرة فى الفيزياء والكيمياء تستند إلى افتراض وجود أشياء لا يمكن ادراكها بالحواس – لقد أدخل العلماء ابتداء من دالتن تصورات تتضمن وجوداً حقيقيا لكيانات غير مدركة إدراكا حسيا ، وتبين بعد ذلك وبعد أن أستوجبت دراسة الظواهر والحوادث والوقائع المزيد من التصورات – فأطلق بناؤو النماذج العنان لخيالهم – فعندما أراد العلماء الأحاطة بخواص الكهرباء وبعد أن أوضحت التجارب أن التركيب الالكترونى للذرات واكتشاف الالكترون الجسيم السالب والذى وجد فى أشعة المهبط وأشعة بيتا وتسرب من المعادن الساخنة المعرضة لإشعاعات . كان تصور ج ج طومسون للذرة كرة مليئة بالكهرباء الموجبة تطفو على سطحها الالكترونات السالبة وشبهها

(١) L. Barnett, The Universe Dr Einstein. 1956 p.118

« بوان » بمجموعة شمسية وتصورها « رذرفورد » نموذج كوكبى رغم أنه لم يستطيع تناول الخواص الطيفية – ولذلك تبعه نيلز بور بتصور أدخل فيه نظرية الكوانتم لإمكان تفسير الخواص الطيفية وانتقال الطاقة . ولم يكن كل ذلك عن طريق الاستنباط وادخال الصيغ الرياضية المتعلقة بتلك الكيانات المتناهية فى الصغر والتى ردت مادة الكون الجسيمية كلها إلى موجات – وكان « نيلزبور » قد أدرك بوضوح المعنى الحقيقى لثنائية الأمواج والجسيمات – وفى رأيه أن وصف الظواهر الطبيعية بعد ظهور نظرية الكوانتم ليس بالضرورة أن يكون متسقا لا لبس فيه كما كان ذلك فى عهد النظريات الكلاسيكية ، فقد يكون ضروريا لوصف الحقائق التى يمكن مشاهدتها وأن تستخدم دورياً ، وحتى فى آن واحد إثنين أو أكثر من التصورات المتعارضة ظاهريا بشرط ألا تقودنا هذه التصورات إلى متناقضات : هذا ما استخلصه نيلزبور من علاقات اللايقين لهيزنبرج .

ان التصور الموجى الذى يفسر طبيعة المادة عند هيزنبرج وأينشتين بفضل مبدأ اللايقين وعلاقات التركيب الرياضى للالكترون كنسق من الموجات Systems of waves يفرض نفسه فقط عندما يتلاشى التصور الجسيمى الذى يفسر طبيعة المادة عند بلانك ونيلزبور حيث الذرات والأشعاع لهما طبيعة جسيمية من حيث الكتلة واتجاه الحركة والقصور الذاتى وغير ذلك – يعتقد « بوروشرودنجرودىبروى » أن تصور الأمواج والجسيمات كما لو كانا نتيجة لاحتياط من جانب الطبيعة بحيث لا يحدث أبدا أن يقفا وجها لوجه – يقول « بور » إنهما أوجه متتامة للحقيقة ، مظاهر تبدو متعارضة لنا ولكنها فى الحقيقة متتامة مادام من الضرورى أن نتأملها الواحد بعد الآخر للحصول على وصف كامل للحقائق المشاهدة . إن الضوء والمادة هذين الكيانين الأساسين فى العالم الفيزيائى وان كانا يبدوان متعارضين فيما بينهما فإنهما رغم ذلك مرتبطان أوثق لأن كليهما شكل من أشكال الطاقة ، وعلى ذلك فليس هناك من حيث المبدأ ما يتعارض مع فكرة أن الطاقة مع بقائها دائما يمكن أن تنتقل من حالة المادة إلى حالة الضوء ، والعكس إن هذه الحقيقة تسقط الحاجز الذى بدأ كما لو كان فاصلا بين المادة والضوء – ولكى يكمل تعداد خواص الضوء – نستطيع أن نضيف أن الضوء هو باختصار أنقى أشكال المادة وأكثرها صفاءً – والضوء يصدر دوما عن المادة أو يمتص فيها ويعمل كحلقة اتصال بين كل الجسيمات المادية . والضوء هو الذى يندفع بأكبر سرعة عرفها الأنسان . كشفت لنا عن وجود سدم تفصلها مسافات شاسعة يقطعها الضوء فى مئات الملايين من السنين .

إن الضوء يشق طريقة فى الفضاء دون أى سند من كتلة أو شحنة إنه ليس سوى مطية للمجال الكهرومغناطيس فى أنقى أشكاله – أن الضوء بتسلله أخذ بيد الأنسان إلى المجهول البعيد من مجالات الفكر .

توصل أينشتين فى نظرية النسبية إلى أن كل الموجودات بالكون يمكن ردها إلى « حوادث » لا توجد حادثة منفردة ، وإنما الحوادث فى مجموعات تؤلف سلسلة مترابطة بعلاقات رياضية حيث لا تقبل الادراك الحسى - أيده فى ذلك أصحاب نظرية الكوانتم عندما طبقوا هذا التصور على عالم الكيانات الذرية - وتبين لهم أن أى جسم مادى ليس شيئا ثابتا يتصف بالسكون والديمومة وإنما يتألف من مجموعات من الحوادث المترابطة فى حيز من المتصل رباعى الأبعاد الآن ، وفى حيز آخر فى لحظة أخرى - ترابط واتصال هذه المجموعات من الحوادث أشبه ما يكون باتصال نقط تؤلف خطا كل نقطة تعبر عن حادثة - أو كاتصال النغم الصوتى .

بعد سرد هذه الخلاصة عن طبيعة المادة والطاقة قد أستطيع القول أن الانسان إذا أطلق لخياله العنان يستطيع أن يتخيل أنه منذ بدء الزمان غداة مشيئة الرحمن نور السموات والأرض - تولد رويداً عن نوره الكون المادى الذى تبصره عيوننا اليوم بأن تكثف ذلك الضوء تدريجيا ليصبح مادة .

ومن يدرى ربما فى قادم الزمان عندما تنصرم الحياة الدنيا - فيستعيد الكون صفاءه الأول فتذوب المادة وتتبدد ثانية لتصبح فى نهاية الأمر ضوءا ينتشر إشعاعا .

الفصل الثانى
العلية والحتمية

- مقدمة عن العلية كمصادرة أولى
- العلية فى العصر الحديث .
- علم الفيزياء المعاصر كمجال تطبيقى للتفسير العلى .

  – اعتقاد علماء الكوانتم بالعلية .
  – أينشتين والعلية .
  – هيزنبرج والعلية .
  – العلية وتطور مفهومها عند رسل .
  – خلاصة الرأى .

- الحتمية فى العلم الطبيعى
- الفيزياء المعاصرة أوسع مجالا لتطبيق الحتمية باستخدام القوانين الاحصائية .

  ١ – ما يتعلق بتفسير النظرية الحركية للغازات .
  ٢ – ما يتعلق بمبدأ اللايقين لهيزنبرج .
  ٣ – ما يتعلق بالخاصية الثنائية للضوء .
  ٤ – فيما يتعلق بالفضاء الكونى .

- الحتمية بين التأييد والرفض .
- القوانين العلمية احتمالية .
- الحتمية المعتدلة .
- خلاصة الرأى .

الفصل الثانى
العلية والحتمية

العلية والحتمية تصوران أساسيان عند الفلاسفة ومن المباحث الأساسية فى دراسة ظواهر العالم الطبيعى وفى مجال مناهج البحث العلمى وفلسفة العلوم .

يعتقد أغلب الفلاسفة على اختلاف آرائهم أن العلية والحتمية – الأساس المتين لأساليب التفكير والاستدلال الفلسفى . ويرى بعض الفلاسفة أنهما مرتبطان بحيث يمكن إعتبارهما تصورا واحدا . وترى فئة أخرى وجوب التمييز بينهما رغم إدراك علاقة الارتباط بينهما .

أما العلماء فإنهم يعتقدون أن وظيفة العلم هى إمكانياته فى اكتشاف الأسباب أو العلل المترابطة وأنهم فى محاولات دائمة للبحث عنها كمصادرة أساسية فى تطبيقات بحوثهم التجريبية – قد يجدونها وقد يتعثرون إلا أنهم على وجه العموم يرحبون ولا يرفضون التفسيرات العلية ، فهى عقيدة عند الكثير منهم كإعتقادهم بالموضوعية والاحتمال فى البحث العلمى .

أغلب العلماء المعاصرين يرون أن الحتمية تتضمن فى معناها الكثير من العلل أو أن الحتمية تحوى العلية ، ويرجع ذلك إلى إعتقادهم بحتمية حوادث العالم الطبيعى التى يحكمها قانون كونى صارم منتظم يتصف بالاطراد بحيث يسهل التنبؤ باستخدام الجداول الرياضية وحل المعادلات الرمزية .

سأبدأ بالعلية كمصادرة أولى – بادئا بنبذة تاريخية عند القدامى ، للعلية عند أغلبهم دور يغلب عليه الطابع الميتافيزيقى ، يختلف عن الدور الذى يعتقد فيه فلاسفة العلم من حيث كونها تساهم فى التقدم العلمى وتطوره ، ولذا لا يخلو مذهب فيلسوف من إبداء رأيه فى العلية باتخاذ موقف – قد يتمسك ويدافع عن هذا الموقف ، وقد يطور موقف أتخذه فلاسفة سابقون .

الفلاسفة القدامى كانوا يعنون بالعلية البحث عن العلل ، ومن هنا ضرورة ذكر التعريف التقليدى للعلية ، وهو يقول – بأن لكل حادثة علة تسبقها وتؤدى اليها – بحيث تظهر وتقوم علاقات علية فى كل ما يحدث فى العالم الطبيعى من حوادث فى صورة ظواهر متكاملة أو وقائع جزئية .

نشأت فكرة العلية عند الفلاسفة منذ فجر التفكير الفلسفى بسبب ظاهرة التغير ... كيف يكون الكون متغيرا وثابتا فى آن واحد على النحو الذى تدركه الحواس ؟

إذن تصور العلية قديم قدم الخبرة والمعرفة الانسانية – فالانسان العادى يسلك ويفكر على هدى مبدأ العلية وأن لكل حادثة علة وأن لكل شىء سببا ، ومبحث العلية من المباحث المتضمنة فى الفلسفة بصفة عامة ، وقد درج معظم الفلاسفة – على اختلاف مذاهبهم على تناول هذا البحث بدرجات متفاوته من الاعتقاد خاصة فى مجال مناهج البحث العلمى . يرجع مبدأ العلية إلى ظن بعض الفلاسفة أن ما يحدث فى الطبيعة يمكن أن ينحل أو يتفكك إلى حوادث منفرده – تتجمع أزواجا أزواجا على صورة تكون عليها حوادث كل زوج متصلة بعلاقة العلة والمعلول ، أو أن الخبرة الفاعلية أساس فكرتنا عن العلية ولعلها أساس نظريات الفلاسفة عن العلية[1] .

مفهوم العلية التقليدى هو الذى تداوله الفلاسفة منذ أرسطو وحتى ظهور نظريات علم الطبيعة النيوتونى ولعل تعريف العلية التقليدى : هو القول أن لكل حادثة علة تسبقها وتؤدى إليها بحيث تقوم علاقات علية فى كل ما يحدث فى العالم من ظواهر ووقائع وحوادث .

« هيراقليطس » أزال التناقض وقال لاثبات ولا دوام . وكل ما فى الأمر تغير بلا متغير وحركة بلا متحرك كل ما هنالك حالات يعقب بعضها بعضا ، وما نظنه فى الأشياء من دوام هو الوهم والخداع . وجاء « أفلاطون » برأى آخر إذ شطر العالم عالمين – فعالم منهم يكون للثبات وتواجهه أفكار مجردة والآخر يكون للتغير وهما عالمان متميزان لكن افترض أن الأول علة وجود الثانى .

أما « أرسطو » فكان أول من أهتم اهتماما خاصا بالعلية وله نظرية فيها ، كان يعتقد أن هدف البحث العلمى اكتشاف القانون العلمى وهو البحث عن الروابط العلية بين الأشياء : لأنه كان يعتقد أن المعرفة الحقه إنما هى معرفة العلل[2]، ميزأرسطو بين أنواع أربعة من العلل يسميها العلل المادية والصورية والفاعلية والغائية[3] . تعمل تلك العلل

(١) د. محمود فهمى زيدان الأستقراء والمنهج العلمى ص

(٢) نفس المرجع السابق ص ٧٨

(٣) العلة المادية لشىء هى المادة التى يتكون منها الشىء كالبرونز للعملة المعدنية والعلة الفاعلية هى القوة التى عملت على تغيير المادة لتتخذ شكلا جديدا كالصانع والعلة الصورية هى الصفات التى تجعل من الشىء ما هو كشكل عملة معينة والعلة الغائية هى المقصد الذى تتجه الحركة لبلوغه – هى العلة لذاتها – راجع يوسف كرم تاريخ الفلسفة اليونانية . ص ١٣٩

جميعا من أجل تفسير أى تغير يحدث ولا يمكن لعلة بمفردها أن تكشف بوضوح عن سبب هذا التغير .

العلية فى العصر الحديث :

يعتبر فرنسيس بيكون F. Bacon (١٥٦١ – ١٦٢٦) أول من حاول صياغة منهج البحث فى العلوم التجريبية كما يعتبر من طليعة المتحمسين للمنهج الاستقرائى ، أبقى بيكون على العلة الصورية واستبعد العلل الأخرى لأرسطو حيث أنها علل متغيرة وغير ثابتة . كما أعتقد بيكون فى وجود عدد محدود من الطبائع Natures تتألف الأشياء الجزئية من إجتماعها وتفرقها – أى أن عدد العلل محدود فى العالم مما يسهل لنا القدرة على التنبؤ بما سوف يقع من أحداث .

وقد وضع بيكون الأساس المنهجى لمفهوم العلية التجريبية من خلال عرضه لأوهام الجنس Idols of the tribe حيث تلك الأوهام مما تعود الذهن البشرى البحث فيها عن العلل الغائية فى العالم الطبيعى – ذلك لأن تصور علة لكل حادثة تصور قديم وطبيعة الاقناع فى الأنسان لا تقبل علة لكل حادثة بل تود الانتقال فى سلسلة العلل حتى الوصول إلى علة أولى هى مقصد كل الحوادث .

عندما حاول بيكون الكشف عن علة الحرارة فانه استبعد النظريات القديمة القائلة بأن الحرارة تأتى من مصدر خارج عن الأرض ، وأيضا القائلة بأن الحرارة تتوقف على وجود عنصر معين فى الجسم الحار كالنار مثلا . حتى وصل إلى حل يتفق مع قوائم ملاحظاته . وصل إلى أن الحرارة كائنة فى كل جسم متحرك ومن ثم قال أن الحركة (صورة) الحرارة . إذن الأساس المنهجى لمفهوم العلية التجريبية عند بيكون هو المفهوم الذى يقرن بين الظاهرة وبين سببها فى الوجود والعدم والاختلاف[1] .

لم يشك جاليليو (١٥٦٤ – ١٦٤٢) فى تصور العلية وفى أن لكل حادثة علة ولكنه وجه الأذهان إلى قيمة إدخال التصورات الكمية Quantitative Concepts فى مبدأ العلية وأنه لا قيمة لفهم العلية على أساس التصورات الكيفية Qualitative Concepts وحدها ، كان يعتقد جاليليو بمعنى آخر أن تقريرنا أن أ علة ب ليس كل ما ينبغى أن نصل إليه .

فينبغى كذلك أن نحدد تحديدا كميا تلك الملاحظات العلية . لا يكفى أن نقول سقط الحجر على الأرض وإنما يجب كذلك أن نحدد سرعة سقوطه وما العلاقة بين وزن الجسم

---

(١) يوسف كرم تاريخ الفلسفة الحديثة دار المعارف بمصر ١٩٤٩ ص ٤٣

الساقط والأرض التى يسقط عليها وما الزمن الذى يقطعه ذلك الجسم فى السقوط . لذلك أصطدم جاليليو بنظريات أرسطو فى علم الطبيعة وأبان خطأه فى مجال العلية وبالذات نظرية سقوط الأجسام وبعد أن لجأ إلى تجربته الشهيرة بإسقاط حجرين مختلفين وزنا من فوق برج بيزا Piza وأثبت أن سرعة الجسم الساقط تتناسب تناسبا طرديا مع الزمن الذى يقطعه ذلك الجسم فى السقوط ، لم يفسر أرسطو العلاقة المحددة بين الثقل والسقوط وإنما قال : أن المكان الطبيعى للحجر الساقط هو الأرض حيث أنها بطبيعتها مستقر للأجسام المادية . فى حين أن جاليليو أخضع فكرة العلية للملاحظات العلية بعيدا عن المظاهر الميتافيزيقة.جاء توماس هوبز : Thomas Hobbes (١٦٨٨ - ١٦٧٩) هـ فوجد أن الأساس الأول للمعرفة هو الحواس[1] لا نرى لها عللا ولا إطرادا فمن أين لنا بالربط بين حادثة هنا وحادثة هناك ، ثم من أين لنا أن نعمم حكم هذا الارتباط .

كان هوبز مفكرا ولم يكن فى طبعه إلا أن ينظر نظرة نقدية فيما قاله السابقون فأفاد الأنسانية ببحثه فى قوانين تداعى المعانى - وتفسير الذاكرة بأنها كالطريق الذى يطرقه بالأقدام الذاهبون والقادمون حتى يظهر بسمة خاصة بين بقية أرض الغابة من حوله ... فإذا وقع الحادث « أ » وتلاه الحادث « ب » مرة ثم مرة ثم ثالثة فرابعة ... فعاشرة - احتفر فى الذاكرة طريقا يدعوها أن تتذكر « ب » كلما رأت « أ » . العلية والاطراد إذن تداع فى الأفكار . فلما جاء جون لوك J.Locke (١٦٣٢ - ١٧٠٤) رأى نفسه مضطرا ألا يعترف بمعرفة تكون قبل ولادة الأنسان ، وكل ما يمكن معرفته مكتسب بعد الميلاد وإذن ما يقال عن العلية أو الإطراد لابد أن يكون مكتسبا من التجربة ومرد هذا الارتباط هو جوهر الشيء الذى يحوى أو يضم الصفات - فاللون الأصفر المستدير للبرتقالة يستتبع الطعم الحلو لها لأن جوهر البرتقاله هو الذى يضم اللون والشكل والطعم والمذاق وسائر الصفات وعليه فمناط القانون العلمى إذن هو جوهر الأشياء[2] .

أعتقد نيوتن Newton (١٦٤٢ - ١٧٢٧) بمبدأ العلية وأتخذ هذا المبدأ مصادرة لا يشك فيها وأن العالم الطبيعى يسير وفقا لهذا المبدأ ، وان كان موقفه الحقيقى متأرجا

---

(١) نظرية المعرفة عند هوبز تستند إلى الاحساس أو الانطباعات الحسية - وهو يفسر جميع العمليات الذهنية تفسيرا ميكانيكيا وكل ما هو موجود فى النفس مصدره الاحساس . كان تفسيره للأشياء الطبيعية لايتم إلا بالاستدلال من المعلول إلى العلة ، وأننا لاندرك فى الواقع ظواهر الأشياء إلا عن طريق الحواس . وجسم الانسان يخضع للقوانين الآلية وبخاصة قانون القصور الذاتى .

راجع : د. نازلى اسماعيل - الفلسفة الحديثة رؤية جديدة - مكتبة الحرية الحديثة ١٩٧٩ ص ٢٠٦ - ٢٠٩

(٢) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة دار المعارف بمصر ١٩٤٩ ص ١٣٤ - ١٤٣ .

مترددا بين الاعتقاد بالعلية والانكار لها[1] ، كان يعتقد بها كمبدأ راسخ وتراث تاريخي تتسق ومعتقدات الانسان العادى وتصور نيوتن نفسه لمعنى القانون العلمى وأنها تفسير للظاهرات والتفسير عنده مقصور على التفسير العلى فقط ومن جهة أخرى ارتبطت العلية فى دهنه بالنظريات الميتافيزيقية التى تتضمن بعدها عن الاتجاه التجريبى وقد اعتقد نيوتن بمبدأ العلية فى الوقت الذى سادت فيه العلية كمبدأ كلى يسود عالم الظاهرات وأن القوانين فى طبيعتها قوانين عليه . أشار نيوتن إلى العلية من خلال قاعدتين يقول فى الأولى يجب ألا نسمح لعلل للأشياء الطبيعية أكثر من العلل التى تكون صادقة وكافية لتفسير ظواهر تلك الأشياء ويقول فى الثانية : يجب أن نعيد قدر المستطاع لنفس الأثار الطبيعية نفس العلل[2] وعلة الشيء عند نيوتن هى علة أحداثه .

أتضح فى عين جورج بركلى G. Berkeley (١٦٨٥ - ١٧٥٣) التناقض الواضح فى كلام لوك كرجل لا يؤمن إلا بالحواس مصدراً للمعرفة ثم يقيم المعرفة كلها على فكرة الجوهر وهو الذى لم يرى لأى شيء جوهرا يستقل عن هده الصفات . فما كان منه إلا أن تخلص من الجوهر واستبدل به فكرة الله - فاللون الأصفر والاستدارة والطعم الحلو لا تجتمع لأن جوهر البرتقاله يجمعها ، ولكن لأن مشيئة الله هى التى تجمعها ولو أرادت مشيئة الله أن توزعها لما أجتمعت .

الارتباط العلى إذن منوط بمشيئة الله والأقدار . مذهب باركلى يدور كله على المبدأ الذى وضعه ديكارت حين قال : ان الذهن لا يعرف الأشياء مباشرة - بل يعرفها بوساطة ما لديه عنها من معان وهو مذهب من ألوان الأفلاطونية المسيحية التى ظهرت فى فلسفة العصر الوسيط والتى تريد أن ترى فى الله الفاعل الأوحد[3] .

جاء دافيد هيوم (١٧١١ - ١٧٧٦) David Hume يطمع فى إقامة مذهب يضارع العلوم الطبيعية فى دقتها وأحكامها بفضل تطبيق نظريته فى القضايا العامة التجريبية . حين يذكر هيوم نظريته فى العلية لم يكن هدفه المباشر مناقشة أحد أسس الاستقراء ، وإنما يناقش تصور العلية كتصور ابستمولوجى ، يثبت أن الخبرة الأنسانية والتجربة مصدر ذلك التصور وأن ليس لتصور العلية صفة الكلية واليقين .

المصدر الوحيد للمعرفة الأنسانية عند هيوم هو جملة الأنطباعات الحسية Impression والأفكار Ideas . الانطباعات الحسية هى حصيلة مواجهتنا للعالم الخارجى عن طريق

(١) د محمود فهمى زيدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ٨١

(٢) نفس المرجع السابق ص ٥٥

(٣) يوسف كرم تاريخ الفلسفة الحديثة دار المعارف ص ١٦١

الحواس والأفكار هى ما يستقر فى عقولنا من تلك الانطباعات بعد غيبة ذلك المصدر الخارجى .

يعتبر هيوم العلية تصورا أساسيا فى حياة الأنسان العادى حيث يعتقد الأنسان العادى أن لكل حادثة ولكل شيء علة ، وأن العلية مبدأ واجب التسليم به دون أى شك

جاء هيوم ليقوض مبدأ العلية عند الفلاسفة العقليين ، لم ينكر هيوم مبدأ العلية وإنما أنكر تفسير الفلاسفة العقليين لهذا المبدأ . ويرى هيوم أن العلوم الطبيعية قيمتها تابعة لقيمة العلية وهذه العلاقة هى التى تسمح لنا بالاستدلال بالمعلول الحاضر على العلة الماضية وبالعلة الحاضرة على المعلول المستقبل . وكل ما هنالك أن العلة شيء كثر بعده تكرار شيء آخر حتى أن حضور الأول يجعلنا دائما نفكر فى الثانى وعلى ذلك تعود علاقة العلية إلى علاقتى التشابة والتقارن[1] .

فهاتان العلاقتان هما الأصيلتان والنتيجة أنه لا توجد حقائق ضرورية ومبادىء بمعنى الكلمة وأن العلوم الطبيعية نسبية ترجع إلى تصديقات ذاتية يولدها تكرار التجربة. وبناء على ما سبق ذكره ، فإن هيوم لم ينكر مبدأ العلية ولم يشك أبداً فى أن لكل حادثة علة ، ولكنه رفض نظريات الفلاسفة السابقين عليه فى العلية – رفض أن العلية مبدأ فطرى أو تصور قبلى فى العقل الأنسانى وأعلن أن مبدأ العلية مبدأ تجريبى يستمد قوته من الخبرة الأنسانية وطالما أنه مبدأ تجريبى فإن الشك فيه ممكن : لأنه يمكن تصور إنكاره دون وقوع فى التناقض – ونقطة أخرى فى نظرية هيوم فى العلية هى البحث فى مصدر اعتقادنا بمبدأ العلية وإرجاعها إلى ملاحظة التتابع المتلازم المتكرر بين حادثة وأخرى فى خبراتنا الحسية وبمعنى آخر إدراك التلازم بين حادثة وأخرى فى وقوعها مما يوجب وجود علاقة علية بين الحادثتين .

كان الفلاسفة قبل هيوم على إختلافهم يتصورون أن مبدأ العلية مبدأ فطرى أو مبدأ قبلى أو هو قاعدة للتفكير يقترب فى مكانته من مكانة قوانين الفكر الثلاثة الأرسطية وأنه مستقل عن الخبرة وليس مشتقا منها . كما كان الفلاسفة العقليون يعتقدون بأن العلية مبدأ قائم فى العقل وأنه مبدأ ضرورى وأنه لا يمكن إنكاره أو تصور نقيضه ، وأنه مبدأ فطرى النشأة ولدى الأنسان استعداد للأعتقاد به مستقلا عن الخبرة الحسية ولذلك يسمى مبدأ العلية بأنه قبلى Apriori. علاقة العلية عند هيوم إذن تقوم على أساس تجريبى محض وليس على أساس منطقى .

---

(١) د. محمود فهمى زيدان ..**الاستقراء** . ص ١٠٣ ١٠٨

إن معرفة العلاقة العلية عند هيوم لا يمكن أن تستقى فى أى لحظة عن طريق التفكير الأولى بل تستقى كلية من التجربة حينما نجد موضوعات جزئية معينة مرتبطة بطريقة ثابتة بعضها بالبعض الآخر – فالضرورة التى نزعمها فى علاقة العلة بمعلولها لا مصدر لها سوى العادة فهى عادة فينا وليس لها وجود فى الأشياء تلك العادة أو النزعة هى التى تنتقل بنا من فكرة إلى أخرى وهى التى تجعلنا ننسب إلى الموضوعات ما يجرى فى أنفسنا . أى يرجع ذلك إلى شعور سيكولوجى فينا – فنحن قد أعتدنا على تلازم حادثين – وعلى ذلك فإذا حدث ووقع أحدهما فإننا نتوقع أن يحدث الآخر – وبذلك يفسر هيوم العلية تفسيراً نفسياً يرجع إلى العادة والتوقع(١) .

يقول هيوم أن تصور العلية معقد إذ يتضمن ثلاثة أفكار وهى السبق والجوار المكانى والضرورة(٢) – وفكرة الضرورة عنده تستلزم التحليل – كما أن لمبدأ العلية مصدره التجريبى – إن ما نراه فى الحقيقة هو أن شيئين أو حادثتين تتابعنا فى الحدوث أمام إدراكنا – يحدث لى انطباع حسى حين أرى الشمس فى الصباح ثم يتبعه انطباع رؤية الضوء . ما حدث إنما هو تتابع أو تلازم من انطباعين . وإذا انتقلنا إلى الذات – أليست العلاقة بين الإرادة والحركة علاقة عليه – لا ينكر هيوم هذه العلاقة العلية ولكنه ينكر أن تلك العلاقة تضمن معنى الضرورة بالمعنى التحليلى ، كل ما نعرفة عن تلك العلاقة هو ارتباط حادثين معا .

وعلى ذلك فالأساس التجريبى هو مصدر تصور العلية بمعنى إدراك تتبع حادثتين وتلازمها تلازما متكررا مما يؤدى إلى تكوين العادة والتوقع – تصور العلية(٣) إذن تصور ضرورى ولكن ليست الضرورة منطقية ولا قبلية وإنما هى ضرورة نفسية .

فى دراسة عما نويل كانط Kant (١٧٢٤ – ١٨٠٤) فقد اعتقد أن عالم الظواهر يخضع لمبدأ العلية وأن لكل حادثة علة وإن شئنا الدقة كل حادثة تفترض ابتداءً علة أعنى أنها لم تستمد من التجربة بل مصدرها الفهم الخالص كما أعتقد أن أى نظرية لا تتضمن مبدأ العلية نظرية باطلة .

ولذلك اعتبر العلية قانونا من قوانين الطبيعة وأسماها بالقانون الكلى وقانون العلية يعبر عن قضية تركيبة قبلية وبالتالى فهى كأى فكرة أولية لابد أن تكون ضرورة وصادقة

---

(١) د. محمد مهران : **فى فلسفة العلوم ومناهج البحث** ١٩٧٨ ص ٢٢٣

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء ... ص ١٠٥

(٣) المرجع السابق ص ١٠٥ – ١٠٨

صدقا مطلقا كما يلى[1] : تحدث كل التغيرات فى عالم الظواهر طبقا لقانون العلاقة بين العلة والمعلول . والعلية طبيعة من خصائص العقل لا من طبائع الأشياء ، لا يستطيع العقل أن يفهم علاقة التجاور فى الزمان والمكان وعلاقة التتابع الضرورى إلا فى معنى العلية – أما أن نقول أن العلية خصيصة من خصائص الأشياء فهذا مالا علم لنا به . وهذا ما لا ينبغى أن نبحث فيه لأنه يعود بنا إلى محاولة معرفة الكون بدون معرفة وهذا تناقض فى الألفاظ وفى المعانى لا يمكن أن يتصوره عقل انسان .

أما جون ستيورات مل J.S. Mill (١٨٠٦ – ١٨٧٣) فقد طلع علينا بمنهج استقرائى علمى يرتكن على مبدأى الاطراد والعلية ، ويفهم منه معنى العلية التى يسميها العلة الطبيعية Physical Cause أى تلك الحادثة التى تكون سببا لظهور حادثة أخرى وتسمى الثانية معلولا . والعلاقة العلية ليست دائما ظاهرة منفردة ، وأخرى ، وإنما يحدث أن الظاهرة التى نسميها أثرا ومعلولا قد تسبقها مجموعة من الشروط أو من الظواهر تؤدى إلى إحداث ذلك الأثر – فالعلة فى موت رجل إنما هى مجموعة شروط حين تجتمع ، تتم الوفاة .

ولقد تعودنا أن نذكر العامل المباشر دون غيره فى إحداث الظاهرة حيث بقية السلسلة العلية متضمنة فى قولنا ، إن تصور مل يقول : الظاهرة إذا ارتبطت بظاهرة أخرى ارتباطا دائما بحيث تحدثان معا وتغيبان وتزيدان معا وتنقصان معا – فأولاهما فى الحدوث فى الزمان سبب فى أخراهما بشرط ألا يدخل فى هذا التتابع[2] ظواهر خرافية أو أسطورية ولا ظواهر تأملية ميتافيزيقة لأن التصور للعلم المرتكن على العلية مادى وأن المادة مستغنية بنفسها عن كل تفسير غير مادى . حتى السلوك الانسانى لا يسمح فى تفسيره بأى سبب غائى ويضع مل تعريفا متميزا للعلية هو (أنها جملة الشروط التى ينبغى أن تسبق حدوث المعلول) وتلك الشروط هى الشروط الكافية لاحداث الأثر أو المعلول ويقصد « مل » بالاطراد أن العلم به عددا من (العلل الدائمة) موجودة منذ بدء الخبرة الأنسانية ، وتلك العلل تعد سببا لما يحدث حولنا فلا تقع حادثة فى الكون إلا وقد ارتبطت بحادثة أخرى[3] .

(١) د. محمود فهمى زيدان : **كانط** دار المعارف الطبعة الثانية ١٩٧٦ ص ١٨٦ – ١٨٩

(٢) أن نظام تابع الظواهر Order of succession هو الحقيقة الأساسية عند « مل » للنظر إلى العالم الطبيعى ، لكى يعيد قانون هذا التتابع ألا وهو القانون العلى الكلى الشامل لكل ظواهر الطبيعية . راجع : د. محمود فهمى زيدان : **الاستقراء** ص ٨٣

(٣) « تلك العلل الدائمة Permanent Causes هى الشمس والأرض والكواكب والهواء والماء والعناصر البسيطة ومركباتها ، لأنه يصعب معرفة مصدر تلك العلل أو تلك الحوادث »
راجع : د. محمود فهمى زيدان **الاستقراء والمنهج العلمى** ص ١٣٧

كانت هناك بعض الفئات المتحمسة للعلية عند « مل » نرى أن التعليل الغائى لسلوك الأنسان تعليل سطحى - وأن ما يبدو لنا سلوكا غائيا كارتداء المعطف اتقاء للبرودة والمطر المحتمل فى الطريق هو فى حقيقته سلوك عادى ناتج عن سبب سبقه فى الوقوع زمانا ، وكان من طبيعة يمكن قياسها بالمقاييس والأجهزة المادية كالميزان والمتر والترمومتر ونحوها من مقاييس المعامل التجريبية .

عاد الفلاسفة والعلماء يؤكدون معنى جديدا يضاف إلى هذه المعانى لأن مجرد التتابع والترابط فى الحدوث والغيبة والزيادة والنقصان لا يكفى وربما وجد مثل هذا الترابط بغير علية ولا تعليل كما أكد ذلك بعض علماء الأحصاء Statistics مثل السير أرثر بولى Arthur Pouly وهو من أكبر رواد علم الأحصاء - كان يحلو له أن يحذر تلاميذه من الوقوع فى مهاوى العلاقة المطردة بين ظواهر الطبيعة والأنسان وكان يطلعهم على ما عثر عليه من إطراد نسبى كامل بين الوارد من الموز فى المملكة المتحدة وبين عقود الزواج على الرغم من أنه لا علاقة قطعا بين الموز وبين الزواج .

علم الفيزياء المعاصر كمجال تطبيقى للتفسير العلى :

مفهوم العلية المعاصر هو الذى صاحب ظهور الأكتشافات العلمية فى الفيزياء المعاصرة - يعرف الأستاذ « يوسف كرم » العلية فى لغة العلم الحديث بأنها الحادثة السابقة للظاهرة أسبقية لا تتخلف ولا تمتنع . ولما كان علم الفيزياء عبارة عن نظام موحد من المبادىء والمفاهيم Principles and Concepts التى يسمح عمقها واتساعها بدراسة التكوين الدقيق للعالم وبدراسة العالم ككل يتمثل ذلك فى التركيب الالكترونى لذرات العناصر أصغر مكونات المادة والمضاهاه بتكوين المجموعة الشمسية أكبر الكيانات الكونية لذا بدأ العلماء ينظرون إلى القانون العلمى على أنه ليس من الضرورى أن يكون متضمنا دائما علاقات عليه Causal relations وليس كل عالم باحثا عن اكتشاف العلل فى العالم الطبيعى .

وأن العلاقة العلية غير متضمنة فى مئات القوانين فى كل علم وإن كان العلماء فى الماضى والحاضر لا ينكرون مبدأ العلية ولكنهم ينكرون أن كل قانون علمى إنما هو تفسير على - فهنالك كثير من القوانين العلمية تنطوى على علاقة علية - ولكنهم أى العلماء يقرون أيضا أن هنالك عددا كبيرا من القوانين العلمية لا ينطوى على تلك العلاقة بالرغم من أن تلك القوانين كانت تعميمات استقرائية[1] .

(١) نفس المرجع السابق ص ١٣٨

استنتج من ذلك الموقع أن المنهج العلمى المعاصر استطاع أن يفصل تصور العلية عن البحث الاستقرائى فالعالم يمكنه أن يصل إلى تعميم تجريبى دون استناد إلى مبدأ العلية ، يمكن أن نبتعد قليلا عن الإتجاه النظرى البحت فى معالجة مبدأ العلية وعلينا بالأتجاه إلى العلماء المعاصرين فى مجالات الفيزياء لنتأكد أن موقفهم أكثر تعقيداً . سأذكر حالتين :

أولا : لنبدأ بالاشارة إلى قوانين التركيب النووى والنشاط الأشعاعى Radio Activity أستطاع رذرفورد Rutherford عام ١٩٠٣ أن يضع القانون الأساسى للتفتيت الأشعاعى وأن هناك من الذرات لبعض العناصر الإشعاعية تقذف ببعض مكوناتها[١] بطريقة تلقائية أى أن نشاط بعض الذرات لعناصر معينة نشاطا لحوادث Events لا نعرف عللها[٢] . مما يحول دون تفسيرها دون إمكان بالتنبؤ . إننا فى الفيزياء الذرية أمام ظواهر جديدة تستلزم مناهج جديدة تتفق مع طبيعة هذه الظواهر ففى الظواهر التى تدرسها الفيزياء التقليدية لو أننا عرفنا موضع نقطة مادية معينة وسرعتها وعرفنا كذلك القوى الخارجية التى تؤثر فيها لأمكننا أن نتنبأ أو نتكهن بكل مسارها فى المستقبل أما فى الفيزياء الذرية يقول **جيمس جينز** : أننا لا نعرف متى يثب الالكترون وأين تكون وثبته .

ولهذا كانت المفاهيم الإحصائية الإحتمالية تعبيرا سليما وموضوعيا عن حركات الإلكترون ووثبته ، لا المفهوم العلى .

والقوانين الفيزيائية كلها عبارة عن نتائج يستخرجها العلماء من المشاهدات على سبيل الأحصاء لا على سبيل القطع واليقين . ونقيضها إن لم يكن مستحيلا من الوجهة المنطقية الخالصة – هو مستحيل على أساس التجربة وما دلت عليه . ونقيض أى قانون علمى طبيعى ممكن عقلا – وغاية ما فى الأمر أن هذا لا يحدث. هكذا أثبتت التجارب أن الكيانات الذرية – الالكترونات والبروتونات ونوى غاز الهليوم لا تخضع لقوانين الحركة

---

(١) J. Jeans; **Physics and philosophy.** First ed. 1942 Reprinted 1948 pp.127-176

(٢) تقذف العناصر الاشعاعية بثلاث أنواع من الاشعاع أولها اشعاعات جسيمية هى ألفا (α) موجبة التكهرب تؤلف نواة ذرة الهليوم وثانيهما إشعاعات جسيمية هى بيتا (B) أو الإلكترونات سالبة التكهرب والأولى أكبر فى كتلتها من الثانية أما الثالثة فهى أشعة جاما (γ) وهى أشعة موجية طول موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادى ولها قدرة كبيرة على اختراق ألواح المعادن وهى قاتلة للكائنات الحية .

راجع : د. اسماعيل بسيونى هزاع : « قصة الذرة » المكتبة الثقافية العدد «٢٢» ١٩٦٠ – ص ٢٣

التى تعلمناها من الميكانيكا النيوتونية وليست حركة الالكترونات متصلة وإنما شبيهة بقفزات الكنجارو ولا توجد قوانين عليه تخضع لها تلك القفزات .

ثانيا : أيضا منطوق القانون الثانى من قوانين علم الديناميكا الحرارية[١] مؤداه : أن الحرارة تنتقل من الجسم الأكثر حرارة إلى الجسم الأقل حرارة . وأنه إذا لم يكتسب مصدر الحرارة حرارة جديدة من جسم آخر أكثر منه حرارة فإن درجة حرارة ذلك المصدر تتناقص تدريجيا مع ملاحظة أن انتقال الحرارة يكون دائما فى اتجاه واحد . وهو اتجاه يسير من الأكثر حرارة إلى الأقل حرارة وليس العكس.فى هده الظاهرة العلاقة العلية أيضا غير متضمنة وغيرها مئات من القوانين فى كل علم لم تكن العلية أساس الوصول إلى تلك القوانين . كما أن تلك القوانين[٢] لا تتضمنها .

وليست القوانين العلمية كلها من طراز البديهيات العلمية (البرودة علة تكثف بخار الماء) و(الحركة علتها الطاقة أو الحرارة) و(جرعة السم التى شربها سقراط علة موته) و(تيار الهواء علة مرضك) (الحرارة علة تمدد الأجسام) ونحو ذلك .

يقول البعض من العلماء من الممكن أن تسير الطبيعة دائما وفقا للعلية وأنه لا شىء

---

(١) **القانون الأول** هو القائل بأن الطاقة لاتزيد ولاتنقص ، بل تحتفظ بمقدارها ، فقد تتحول من نوع إلى نوع ، فأن تتحول مثلا من حرارة إلى حركة - لكن المقدار يظل كما هو . وبناء على قانون حفظ « بقاء » الطاقة - يجوز أن نضع قطعة من الحديد الساخن على قطعة أخرى من الحديد الأقل حرارة ، فتمتص القطعة الأولى بعض حرارة الثانية بحيث تزيد حرارة الأولى وتقل الثانية - ومع ذلك يظل مدار الحرارة فى القطعتين كما كان فى البداية راجع : د. زكى نجيب محمود : نحو فلسفة علمية الأنجلو المصرية ١٩٦١ ص ٣٠٦

(٢) **القانون العلمى فى العلوم الطبيعية** : هو عبارة عن مبدأ عام يؤكد علاقة بين ظاهرتين أو أكثر ، أما العلة فهى ما يتوقف عليه الشىء ويكون خارجا عنه ومؤثرا فيه . ولذلك أخرج الفلاسفة الوضعيون فكرة العلية عن معنى القانون واقتصروا على القول بأن القانون ما هو إلا نسبة رياضية بين متغيرين أو عدة متغيرات . وعندهم أنه كلما تكامل العلم قلّ استخدامه لمفهوم العلية ، حتى إذا توصل إلى تعريف الحوادث بمقاديرها القابلة للقياس الكمى فإنه يستبدل معنى العلية ، حتى إذا توصل إلى تعريف الحوادث بمقاديرها القابلة للقياس الكمى فإنه يستبدل معنى العلية بمعنى الدالة Function لكون معنى الدالة أكثر تعبيرا عن علاقات العناصر بعضها ببعض وهكذا الحال فى قوانين الطبيعة كلها - فهى نتائج كمية نستخرجها من المشاهدات على سبيل الاحصاء لا على سبيل القطع واليقين ، ونقيضها إن لم يكن مستحيلا من الوجهة المنطقية الخالصة فهو مستحيل على أساس التجربة ومادلت عليه

راجع : **Schlick, Moritz, Causality in everyday life and in science California Univ. p.296**

يحدث اتفاقا أو دون علة سابقة . على أن الصحة المطلقة لمبدأ العلية قد قضى عليها من وجهة النظر العلمية لأن العلم بلغ نقطة لا يمكن فيها اختبار هذا المفهوم وكل فكرة لا يمكن اختبارها لابد أن تستبعد من مجال العلم ويمكن تحويلها إلى مسألة فلسفية خالصة . وليس معنى ذلك التخلى عن فكرة العلية بأكملها فمازالت لهذه الفكرة فائدتها ومازالت تقوم بدور هام فى الملاحظات والفروض والتجارب والأستنتاجات التى يقوم بها العلماء فى معظم فروع العلم .

بلانك والعلية :

يقول « ماكس بلانك » عن مبدأ العلية أنه تعليمات إرشادية أو علامات على الطريق تساعدنا على إيجاد طريقنا وسط المتاهه المحيرة للحوادث ويرشدنا إلى الاتجاه الصحيح الذى ينبغى أن يتقدم فيه البحث لكى يحقق نتائج مثمرة وفى نفس المعنى يقول بلانك : لا يمكن البرهان على قانون العلية كما لا يمكن انكاره على أسس منطقية – ليس مبدأ منطقيا كما أنه ليس كاذبا مطلقا . إنه مبدأ موجه بل أكثر المبادىء الموجهة أهمية[(١)] . ويقول أيضا يجب أن نأخذ بقانون العلية كمجرد فرض – ليس فرضا كسائر الفروض العلمية وإما مصادرة ضرورية كأساس لكل الفروض العلية يجب التسليم بها منذ البدء[(٢)] ويقول : سوف تجد نظرية الكوانتم تعبيرها الدقيق فى بعض المعادلات التى ستكون صياغتها أكثر دقة لقانون العلية . وعليه فإن بلانك الباحث العالم يعتقد فى قانون العلية كمصادرة ضرورية موجهة للعلماء فيما يبحثون .

يقف بعض العلماء المعاصرين من العلية بمعنى آخر موقف من يرفض الإعتقاد بها اعتقاداً قبليا ومن يقبله إذا كان أساسه التجارب وبذا فصلوا بين العلية والمنهج العلمى .

إعتقاد علماء الكوانتم بالعلية :

العلية إعتقاد راسخ عندهم – ينبغى ألا تظل مجرد إعتقاد – بل لابد من التطبيق – وإن كان التطبيق غير ممكن.رغم ذلك نجد « **بلانك** » لايزال يعتقد بأن ظواهر الكوانتم يمكن أن تتضمن قانون العلية لو أعدنا صياغة النظرية لأنها سوف تجد تعبيرها الدقيق فى بعض المعادلات لو تضمنت قانون العلية .

فعلماء الكوانتم يميلون إلى دمج تصورى العلية والحتمية فى تصور واحد باعتبار أن

---

(١) Max. Plank, **Phiolsophy of science.** p.76

(٢) Max. Plank, **Where is science going** p.150

الحتمية قد تكشف لنا عن علاقات عليه . كذلك نجد أن « **بردجمان** » **Bridgman** وهو أحد فلاسفة العلم المعاصرين يقول أن الحوادث داخل الذرة لا تخضع لمبدأ العلية لأن بعض الحوادث تحدث صدفة - لكن لا يزال يوجد فيها نوع من النظام والإطراد إذ مكونات الذرة تؤلف نموذجا منتظما ولا يتم ذلك إلا إذا كان هنالك مبدأ يحجم تلك الحوادث(١) .

يقول علماء الكوانتم أن هناك علاقات علية بين مجالين أو نسقين من الحوادث وليس بين حادثتين جزئيتين. يفسر « **بورن** » من أنصار الكوانتم هذا التطبيق للعلية فى ظواهر الذرة بأن مجموعة من الألكترونات يمكن تفسيرها بمجموعة أخرى من الجزيئات كما يفسر « **بورن** » النظرية الجاذبية عند « أينشتين » بأنها تقوم على علية ، فالجانب الهندسى من سلوك الأجسام فى المجال الجاذبى للنظرية النسبية العامة يدعم المبدأ العلى لأن المجال الجاذبى يؤكد مبدأ التجاور **Contiguity** فى « زمكان » منحنى أى أن المجال الجاذبى على سطح منحنى ، علة الحركة الجاذبية فى الأجسام . يقصد « بورن » أن المجال الجاذبى علة حركة الأجسام . ويقول « ماكس بورن » مهما استبعدت الفيزياء الحديثة أو طورت كثيرا من الأفكار التقليدية لكنها سوف لا تكون علما لو نبذت البحث عن علل الظواهر(٢) . أمكن اكتشاف مجالات دلت على وجود العلاقات العلية فى مجال الذرة خاصة بين مجالين أو نسقين من الحوادث ، فإن ما يحدث لنسق من الإلكترونات لمركبات تتفاعل كيميائيا – يمكن تفسيره بواقعة تحدث لنسق آخر من الالكترونات المتبادلة فى التفاعل – وإذن فالعلاقة العلية قد تتم بين مجالين أو نسقين أو مجموعتين من الحوادث – وإن لم يستطع العلماء إيجاد تلك العلاقة العلية بين شيئين جزئيين(٣) .

هناك نتيجة علمية هامة استنبطت من خلال نظرية الكوانتم وهى أن الفاصل بين الأنسان والحقيقة إتسعت فجوته وذلك بعد أن أتضح عجز حواس الأنسان – لأنه عندما يحاول أن يلاحظ حقيقة أى جسم فى هذا الكون فان عملية الملاحظة تسبب إزاحة هذا الشيء وتغير طبيعته وإذا استبعد الإنسان ملاحظة هذا الشيء بحواسه فإنه لا يتبقى لديه إلا المعادلات الرياضية .

يؤكد العلماء أن المعادلات الكمية تعرف الظواهر الأساسية أكثر دقة من الوصف (وقد نجحت تلك المعادلات النظرية فى المجال التطبيقى كاختراع القنابل الذرية والنووية)

---

(١) **Bridgman, Determinism in modern science p.65**

(٢) **Max Born, Natural philosophy of cause and chance. p.124**

(٣) نفس المرجع السابق ص ١٢٣

والهدف الذى يرمى إليه علماء الفيزياء هو إعلان قوانين الطبيعة فى صورة رياضية حيث أمكن فى لغة الرياضة المجردة وصف كيف تعمل الأشياء ولو أنهم لا يعرفون ولا يحتاجون أن يعرفوا حقيقة هذه الأشياء .

أينشتين والعلية :

أبدى أينشتين أمله أكثر من مرة فى أن تؤدى الطبيعة الكمية إلى نفع مؤقت يقول أينشتين : إننا فى البحث العلمى نبدأ ببضع عقائد أساسية يذكر منها الاعتقاد بالعلية والموضوعية وفكرة الاحتمالات والانسجام الكونى الذى يظهر فى بساطة وجمال القوانين الطبيعية . (من خطاب أرسله إلى ماكس بورن) لا يكتفى العلماء بتقرير أن مبدأ العلية مبدأ قبلى ولكنهم يحاولون تطبيقه تطبيقا تجريبيا لكنهم لا يتعسفون فى التطبيق إن وجدوا علاقات عليه فى ملاحظات سجلوها ، وإذا لم يجد فإنهم يرفضون التفسير العلى . لاحظوا أول الأمر أنه لا علاقات عليه فى عالم الذرة – فالقوانين العلمية ليست دائما قوانين علية وإنما كثير منها قوانين احتمالية – والاحتمال هنا قائم على الأحصاء أو قائم على النظرية الرياضية للاحتمالات . وهذه النظرية تتضمن فكرة الصدفة – والصدفة هنا تقابل فكرة العلية والصدفة هنا ليس بمعنى شيء حدث لا نعرف علته ، وإنما تقديرا كميا رياضيا محددا لوقوع الحوادث وبهذا تصبح الصدفة لا مجرد عبث وإنما تقترب من التعبير الرياضى المحسوب. وتساعدنا قوانين الاحتمالات بهذا المعنى على التفسير والتنبؤ – هذا الموقف لتصور القانون الاحتمالى . لم يبدأ عند الكوانتم فقط إنما نجده فى نظرية مكسويل فى النظرية الحركية للغازات وفى قانون بويل وقوانين بلانك فى أنبعاث الطاقة وفى كل التفاعلات الكيميائية[١] .

هيزنبرج والعلية :

أسفرت الدراسات الفيزيائية المتقدمة فى مجالات الأبحاث الخاصة بالموجات والطاقة والجسيمات Energy Waves, Particles عن نتيجة تدعو إلى الحيرة الشديدة تعرف بإسم مبدأ اللايقين Principle of Uncertainty سبق ذكره فى الفصل الثانى بعد سرد نظرية الكوانتم . هذا المبدأ يلقى ظلا من الشك على مفهوم العلة والمعلول فإذا كان العلم ضربا من المعرفة قائما على أسس منها افتراض أن العلية خاصية ضرورية للكون – كان ولابد من تحديد الطريقة التى يؤثر بها هذا اليقين فى تفكيرنا عن سلاسل الحوادث Chain of events المرتبطة عليا .

(١) د. محمود فهمى زيدان : علم الطبيعة المعاصر ١٩٨٣ .

إن ما يقوله المبدأ بالفعل هو أننا لا نستطيع أن نلاحظ ونقيس مجرى الحوادث الطبيعية دون أن نبعث فيه اختلال ما - أى تتسبب فى حدوث قدر قليل من اللايقين بشأن ما يحدث فى الطبيعة هذا الاختلال - لا أهمية له على المستوى الواسع النطاق أما على مستوى الجسيمات الذرية والنووية فانه يبدو ذا أهمية كبرى وإذا كان فى إستطاعة العلم عن طريق المزيد من الدقة فى أجهزة القياس أن نقلل من اللايقين فإنه لا يمكن تجنب القليل جدا . قد يمكن تقدير موقع الرصاصة المنطلقة إلى هدف وسرعتها بدرجة لا بأس بها من الدقة واحتساب المسار الكامل الذى اتبعته منذ لحظة خروجها حتى وصولها للهدف باستخدام الآت تصوير دقيقة وأجهزة قياس زمنية على نفس المستوى .

إلا أن الالكترونات تختلف ، فلو شئنا تحديد سرعة الالكترون ووضعه المكانى بنفس الطريقة لا يمكن إلا إذا أصطدم بجسم آخر - وقد أستخدمت الجسيمات الضوئية Photons غير أن الفوتون وهو وحدة الضوء جسيم أكبر نسبيا من أن يصطدم بالكترون لأن الأخير سينحرف عن مساره الأصلى إلى اتجاه غير معلوم مما يعطيه سرعة جديدة .

وإذن فالأصطدام بجسيمة ضوئية ، قد يحدد موقع الكترون فى لحظة واحدة فحسب ، غير أنه لا يعطى معلومات عن سرعة الالكترون - ونظرا إلى أنه لا يوجد سبيل إلى قياس السرعة والموقع فى نفس الالكترون بدون أن نحدث تغييرا فى واحد منها - فانه لا يمكن التنبؤ بموقع الالكترون أو بسرعته فى أى وقت فى المستقبل إذن فهناك قدر دائم من اللايقين تنطوى عليه أى محاولة لتتبع مجرى الحوادث للظواهر الميكروفيزيائية Microphysics . فيما لدينا من أفكار عن العلية - توصف سلسلة من الحوادث بأنها سلسلة من العلل والمعلولات مما يستلزم أن يكون فى إستطاعة التجريبيين ملاحظة هذه السلسلة من الحوادث على الدوام ، من البداية إلى النهاية . فى حالة إلكترون فان الملاحظة المستمرة مستحيلة لأن مسلكه يتغير بفعل نفس الوسائل التى يتعين على المشتغلين بالعلم إستخدامها لملاحظته .

فإذا اكتشف جسيم فى النقطة (أ) فى لحظة ما وفى النقطة (ب) فى اللحظة التالية فلا توجد وسيلة المعرفة التى تؤكد ملاحظة جسيم واحد أو اثنين - بل من الأفضل عدم التعرض لمسألة الأستمرار فى الملاحظة أصلا وإنما سيكتفى بالنظر إلى كل جسيم يلاحظ على أنه حادث منفصل منعزل .

هكذا يصل « هيزنبرج » إلى أن مبدأ اللايقين وإن كان يهدد الحتمية المطلقة لكن الظواهر الذرية والتفتت الإشعاعى لم تجعل العلماء يستبعدون العلية . ويعلن أنه إذا تحدثنا

عن إستبعاد العلية لابد من تعريف دقيق لتصور العلية وتصور القانون الطبيعي[1] حيث يجب رفض المعنى التقليدى للعلية وهو أن حادثة ما جزئية علة لحادثة أخرى - هذا المعنى عنده مرفوض لأنه لا شواهد على وجوده فى حوادث الذرة

ويقول « هيزنبرج » من الجائز أن يكون هناك خلف العلاقات التى تصوغها ميكانيكا الكوانتم فى شكل إحصاء نظام آخر من القوانين الطبيعية الحتمية التى لم تعرف حتى الآن .

إن انهيار مبدأ العلية عند تطبيقه على الوحدات النووية « للمادة - الطاقة » قد يفيد فى الكشف عن إمكان وجود سبل أخرى للفهم وعوامل أخرى لا تخطر بالبال فى حدود العلم .

العلية وتطور مفهومها عند رسل :

كتب « رسل » لأول مرة فى علم الطبيعة عام ١٨٩٧ تعليقا على كتاب « كانط » الأسس الميتافيزيقية لعلم الطبيعة ، رأيا عن المادة يعبر بوضوح عن اعتقاده التقليدى لطبيعة المادة : ليست المادة الشيء القابل للحركة فقط لكنها ما يحرك أيضا[2] ، أى أن علة حركة المادة هى المادة فبين أى قطعتين ماديتين علاقة علية متبادلة ، هذه العلاقة هى القوة ، أى أن العلية قوة . وفى عام ١٩٠٣ ألف « رسل » كتاب أصول الرياضيات - عرف فيه العلية بأنها المبدأ الذى بمقتضاه يمكن استنتاج حادثة أو أكثر فى لحظة جديدة أو أكثر من عدد كاف من الحوادث[3] - عند عدد كاف من اللحظات.بهذا التعريف يحاول رسل إقامة علاقة بين مفهوم العلية وقوانين الحركة الديناميكية على أساس : أن علاقة العلية فى حوادث الكون تقوم بين حوادث فى ثلاثة أزمان - لابد من معرفتنا لإثنين لإمكان تحديد علاقة العلية بمعرفة الثالث[4] .

وفى عام ١٩١٢ فى كتابة مشكلات الفلسفة يقول عن العلية : إن قوانين العلم العامة كالاعتقاد بحكم القانون والاعتقاد بأن كل حادثة لابد أن يكون لها علة ما ، تعتمد كل الاعتماد على مبدأ الإستقرار وكذلك الإطراد لا يعمل ولا يكون إلا فى نطاق مبدأ الإستقراء[5] .

(١) Heisenberg, **The physicists Conception of Nature.** p.32

(٢) B. Russell, **My Philosophical Development** p.47

(٣) برتراند رسل : أصول الرياضيات ترجمة عربية بقلم محمد مرسى أحمد ، أحمد فؤاد الأهوانى دار المعارف ١٩٦٤ ص ١٦٣ الجزء الرابع .

(٤) Gotlind, E; **Russell, S theories of causation, upsala 1952 p.13**

(٥) B. Russell, **Problems of philosophy p.38**

وفى نفس العام ١٩١٢ قدم « رسل » مقالة بعنوان فى فكرة العلية : On the notion of cause نشرها فى كتاب التصوف والمنطق عام ١٩١٨ وفيها ربط « رسل » مشكلات الأستقراء بمسألة القوانين العلية متحمسا لوجهة النظر العلمية للعلة كما تبدو فى التتابع المطرد للحوادث . وفى عام ١٩١٤ كتب رسل الفصل الأخير من كتابه « معرفتنا بالعالم الخارجى » وعنوانه فى فكرة العلية ناقش فيه نقاط خمس هى :

١ - المقصود بالقانون العلى :

يقصد « رسل » بالقانون العلى - أنه هو تلك القضية العامة التى تمكننا من الاستدلال على وجود شىء حادث من وجود شىء أو عدة أشياء أخرى وتشير كلمة شىء Thing فى هذا التعريف إلى كل ما هو جزئى يتميز بواقعية موضوعات الحس ، وليس أمراً مجرداً مثل الأعداد والفئات . وليس من الضرورى بالنسبة للقانون العلى أن تأتى النتيجة متأخرة عن بعض المعطيات ، فمن الممكن أن تحدث معها فى وقت واحد أو تأتى سابقة عليها كما هو الحال عند حدوث الرعد - نرى الضوء ونتوقع سماع الصوت الرعدى أو قد يأتيان متعاصرين . كما أن هناك شىء هام ، يجعلنا قادرين على استدلال وجود شىء ما نستطيع أن نصفه بدقة فى ألفاظ المعطيات ذاتها[1] .

٢ - الدليل أو الأسس التى تقود إلى الأعتقاد بالقوانين العلية :

إن الخطوة الأولى نحو ذلك كما يقرر « رسل » : هى الكشف عن الأطراد فى وقوع الحوادث إما بالتصاحب أو بالتعاقب كما يحدث الرعد بعد البرق والدفء بعدالإقتراب من النار فيتوقع الأنسان نفس الحوادث العلية على نفس الوتيرة ويسمى « رسل » هذا الاطراد الإعتقاد الحيوانى بالعلية .

ويشير « رسل » بذلك إلى قانون ما لا يعد صادقا إلا إذا انطبق على جميع أمثلته ووقائعه وإلا تصبح حاجتنا إلى قانون جديد أعم وأشمل . فقانون الجاذبية ومنطوقه : إن كل جسم يجذب كل جسم آخر بقوة تتناسب طرديا مع كتلتيهما وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما . يصدق فى كل الأزمنة عدا نطاق المجموعة الشمسية حيث تحكمها قوانين أعم وأشمل وبالتالى فهناك احتمال بصدقة مستقبلا .

٣ - الاعتقاد ببقاء القوانين العلية مستقبلا :

إذا لم نسلم بمبدأ الاستقراء فإنه لن تقوم علاقة علية بين الأمثلة المشاهدة المؤيدة لصدق

(١) B. Russell, Our Knowledge of external world. p.215

القوانين العلية – أى أنه يستحيل الاستدلال على وجود شيء لا نشاهده بطريقة مباشر فأهمية الاستقراء تفوق أهمية القانون العلى – لأن الاستقراء هو الذى يقف وراء القانون العلى ويضمن صحته ودوام تطبيقه مستقبلا .

٤ – اختلاف مفهوم العلية المستخدم فى العلوم الطبيعية عنه فى الأدراك العام والفلسفة التقليدية .

٥ – تحليل فكرة العلية وارتباطها بالإرادة .

فى عام ١٩٢١ كتب « رسل » مؤلفه تحليل العقل وفيه تحدث عن أربعة أنواع من القوانين العلية هى :

١ – القوانين العلية العلمية التى تتعلق بعلمى الديناميكا والفيزياء .

٢ – القوانين العلية العلمية التكهنية : وتتميز بأنه بينما يوجد تكرار فى التتابع بين السابق واللاحق فإن العلاقة التى تربطهما لا تتصف بالضرورة .

٣ – قوانين المنظور Perspective وهى قوانين تجميع المعطيات الحسية المتفرقة والمعطيات الحسية الممكنة فى شيء واحد وفى لحظة محددة(١) .

٤ – قوانين الذاكرة Mnemic Causal Laws وهى قوانين عليه عقلية لعلم النفس على نفس نمط القوانين العلية العلمية .

وكان من أهم ما ذكره « رسل » فى كتابه تحليل العقل تحوله عن الإعتقاد بالعلية التى ذكرها فى كتابه معرفتنا بالعالم الخارجى . يقول برتراند رسل : إن البرهان على أن العالم يخضع للعلية خضوعا مطلقا غير ممكن من الناحية النظرية ويقدم شاهدين على ذلك : **أولا** : أن العلاقة العلية تتضمن تتابعا بين العلة والمعلول ، ومن ثم تتم فى زمن معين وحيث أنه من الممكن أن يحدث شيء ما بين وقوع العلة ووقع المعلول ، مما قد يعرقل حدوث المعلول . إذن القضية أ يجب أن تتبعها ب دائما قضية كاذبة وإذن ليس قانون العلية قانونا كلياً . **ثانيا** : ليس من السهل أن نقول أن حادثة ما هى العلة أو مجموعة من الحوادث هى علة ظاهرة ما بكل يقين وتأكيد،لأن ذلك يستلزم منا أن نجرى ملاحظاتنا على الكون كله كى نتأكد من أن ما لم نلاحظه من قبل قد يكون عائقا لحدوث المعلول المتوقع . وهذا ما حدث فى كل البحوث المعاصرة .

---

(١) **B. Russell, My Philosophical Development p.107**

مفهوم العلية عند « رسل » فى كتابيه المعرفة الأنسانية (١٩٤٨) وتطورى الفلسفى (١٩٥٩)

يؤكد « رسل » على أن تصور العلية بمفهومه التقليدى (أ) علة (ب) دائما ، يعد تصوراً بدائياً وغير علمى ، وقد حل محله فى العلم تصور القوانين العلية[١] ومن الأمثلة التى يذكرها (رسل) إذا افترضنا أن لدينا تعميما يقوم على الإدراك العام بأن أ علة ب فإنه إذا وجدت مسافة زمنية محدودة بين أ ، ب فمن المحتمل حدوث شىء ما خلال هذا الزمن يمنع أو يعوق حدوث ب ، فقد يشتعل عود الثقاب عند حكه ، وقد ينكسر ، إن القوانين التى تأخذ الصيغة أ علة ب قوانين قابلة للاستثناء طالما أنه يوجد ما يعوق وقوع النتيجة فى بعض الأحوال . بالإضافة إلى ذلك ربط « رسل » بين القانون العلى والمفهوم الإحصائى وحيث لا تظهر هناك علاقة علية فى بعض الظواهر مثل ظواهر النشاط الإشعاعى والتفتيت النووى التى تعتمد على العلاقة التقليدية للعلية ، ومن ثم يقترح « رسل » أن يكون القانون العلى هو ذلك القانون الذى يجعل من الممكن أن نستدل شيئا ما عن حادثة أو مجموعة حوادث من عدد معطى معين من الحوادث ذلك لأن القوانين العلية أصبحت قوانين إحصائية - فهى لا تعين ما سوف يقع فى أى حالة جزئية بل تقرر وقوع أشياء عديدة - كل منها سوف يحدث بنسبة معينة من الحالات .

ورغم أن عملية التعليل Causation لم تعد كما كانت إلا أن أهميتها فى العلم مازالت حيث أن القوانين التى يسعى إليها العلم هى فى غالب الأمر قوانين علية ، بمعنى أو بآخر ، ولكى نتصور وجود الأشياء لابد من تصور دوامها - وهذا الدوام لن يتم إلا إذا كانت أجزاء الشىء مترابطة متصلة ، وعلة اتصالها ودوامها ، يطلق عليه « رسل » **الخط العلى** Causal Line وذلك أحد التصورات الهامة فى فلسفة رسل العلمية

ويرتبط بتصور الخط العلى عند « رسل » **تصور البناء** وهو بناء زمكانى يظل ثابتا طيلة سلسلة من الحوادث المتصلة بعضها بالبعض الآخر إتصالا عليا فى بعض الظواهر الفيزيائية ، مثل التغيرات التى تحدث بين الصوت والموجات الكهرومغناطيسية ثم استقبال الصوت مرة أخرى فى عمليات الإرسال (الراديو) .

هاتان الفترتان (**الخط العلى - البناء**) ترتبطان بدور القانون العلى بمعناه المعاصر كما يفهمه « رسل » حين يثبت التتابع العلى عند حدوثه بلا تخلف أو عندما ما يحدث فى الغالب لكنه لا يثبت أن كل حادث هو بالضرورة عضو فى تتابع على غير قابل

(١) B. Russell, Human Knowledge p.327

للتخلف[1] .

لاحظ « رسل » أن علم الفيزياء لم يعد يتحدث بهذا الوضوح اليقينى المشهور عنه فى القرن السابع عشر فبينما كان نيوتن يستعين فى عرض آرائه واكتشافاته بتصورات أساسية أربعة هى المكان والزمان والمادة والقوة – نجدها قد أهملت من العلماء المعاصرين . كان الزمان والمكان شيئين منفصلين ثابتين فحل محلهما متصل الزمان والمكان Space - time Continum وحلت سلسلة من حوادث Chain of events محل المادة الصلبة وحلت الطاقة Energy محل القوة Force .

كما أن نظرية الكوانتم تصور لنا العالم الطبيعى كما لو كان مكونا من خيوط تتكون بدورها من حوادث يرتبط بعضها بالبعض الآخر – وهذا الرباط يجعلنا نقول بقيام علاقات علية ، بينما أمدتنا نظرية النسبية بأسباب تدعو إلى الاعتقاد بأن العلاقات العلية تنطبق فقط على الحوادث المترابطة معا فى متصل (الزمان – المكان) فبعد أن كانت العلية تقوم بين زوج من الحوادث المتآنية Co-Punctual على أن يربط بينهما قانون يجيز لنا استدلال شيء ما عن أحدهما من الآخر ، فى حين تقول نظرية الكوانتم أن العلاقات العلية تتكون من سلسلة من الائتلافات Rhythms أو الحوادث المنتظمة الانتشار بواسطة تغيرات كم الأشعاع . هكذا أخذت العلية شكلا جديداً أهم سماته أنه يخلو من فكرة الضرورة أو الإلزام .

فالالزام صفة بشرية بينما يخلو العالم الفيزيائى وحوادثه من الرغبات . أما بالنسبة للأشياء الطبيعية التى تتكون من مجموعة معينة من الحوادث – قد يكون بعضها علة والبعض الآخر معلولا ، فلن نستطيع أن نقرر نوعا من الارتباط بينهما إلا كلما صغرت الفترة الزمنية بينهما ، وكلما قصرت الفترة الكافية إلى أقل قدر ممكن – فإذا ما تحقق ذلك يتكون من ذلك الارتباط قانون على .

أما عن صحة مبدأ العلية وإمكان التنبؤ بكل الظواهر اعتماداً على ما لدينا من معطيات عن العالم فقد بدأ « رسل » يعتقد بوجود أسباب ضد هذا المبدأ . وقد كانت نظرية الكوانتم وراء هذا التحول حيث أنه لا يمكننا التنبؤ بحركات الإلكترونات عندما تقذف بها ذراتها بلا سبب واضح لنا .

يقول « رسل » إنه لمن الخطأ أن نتحدث عن الكون كله فنقول أنه يكون فى حالة معينة عند لحظة زمنية أخرى – كأنما اللحظة الزمنية الواحدة تشمل الكون بأسره أو كأنما الكون يتآنى فى لحظة بعينها .

(١) نفس المرجع السابق ص ٤٧٢

خلاصة الرأى :

فى الظواهر والوقائع الطبيعية الكيميائية يستطيع باحث التجربة أن يغير من ترتيب الوقائع فيها وفى هذه الحالة يصعب التحدث عن السبب أو النتيجة أو العلة والمعلول Cause and effect وهذا سبب من الأسباب التى من أجلها يقل استخدام هذه المصطلحات فى العلوم الطبيعية عنه فى العلوم البيولوجية .

فظواهر علم الأحياء Biology ما هى إلا وقائع فى الزمن.وباحث الأحياء التجريبى هو وحده الذى يتابع الوقائع فى ترتيبها الزمنى - البرعم تليه الزهرة يليها الثمر وأن هذا الترتيب لا ينعكس أبدا - والبيضة يليها الفرخ تليه الدجاجة أو الديك وأيضا هذا الترتيب لا ينعكس أبدا .

يمكن المقارنة بعد ذلك بأمثلة من تجارب كيماوية بسيطة أجراها لافوازييه وبريستلى فى تحضير الأكسجين من أكسيد الزئبق الأحمر ، إن تسخين الزئبق فى الهواء مدة طويلة إلى درجة دون درجة غليانه بقليل ينتج هذا الأكسيد الأحمر وإذا سخن هذا الأكسيد إلى درجة حرارة أعلى ينتج الزئبق وغاز الأكسجين ومعنى هذا أن الزئبق قد يسبق أكسيده ، أو أن يسبق الزئبق تبعا للحرارة ، فأيهما النتيجة ، أيهما العلة وأيهما المعلول ، معنى هذا أن العملية عكسية تبدأ من ناحية أو من الأخرى أى أنه فى العمليات الكيماوية والعمليات الطبيعية والفيزيائية يستطيع الباحث أن يغير من ترتيب الوقائع - وفى هذه الحالة وأمثالها يصعب التحدث عن السبب والنتيجة أو العلة والمعلول .

وهذا سبب من الأسباب التى من أجلها يقل أستخدام هذه المصطلحات فى العلوم الفيزيائية عنه فى العلوم البيولوجية .

وسبب آخر يشكك فى قيمة هذه المصطلحات عند أستخدامها فى العلوم الفيزيائية والكيميائية وذلك صعوبة اختيار واحد من العوامل المتغيرة القائمة لنقول أن هذا - وهذا وحده هو السبب وهو العلة Cause مثال ذلك إشعال الأيدروجين فى الهواء وتكوين الماء - وما السبب فى الإشتعال - أهو الأيدروجين أم هو الأكسجين - أم هو الحرارة المنبعثة أم هو أجتذاب ذرة الأيدروجين لذرة الأكسجين ، أم هو يرجع إلى توزع الألكترونات فى مدارات حول الذرات - أم هو لاستخدام نظائر معينة للعناصر ، وما هذا إلا مثل من أبسط أمثلة التفاعل الكيمائى .

فما بال التفكير بالذى هو أقل بساطة والذى هو أكثر تعقدا ، إن الأسباب والمسببات أو العلل والمعلولات أقوال تكاد أن تختفى من العلم الحديث .

فى الفيزياء الذرية والنووية لا تثبت تجربة ما العلية لأن الترتيب العلى الظاهرى ليس له أصل سوى قانون الأعداد الكبيرة – وهذا مستقل تماما عن كون العمليات الأولية ، التى هى العمليات الفيزيائية الحقيقية ، تتبع أولا تتبع القوانين العلية .

إن كون المواد المتشابهة نوويا تسلك سلوكا واحداً أمر لا علاقة له بالعلية فليست هذه الأجسام فى الواقع متماثلة حقيقة لأن الإحداثيات التى تحدد حالة ذراتها لا تتطبق إلا نادر والظواهر النووية التى يمكن مشاهدة صورها الشمسية هى نتيجة متوسطات أخذت من هذه الإحداثيات .

إننا لا نستطيع وضع مسألة العلية موضع الاختبار حقا ولا يملك العلماء اليوم سنداً يتيح لهم تأكيد وجود العلية فى الطبيعة ولا توجد هناك تجربة يمكن أن تمدنا ببرهان عليها مادامت الظواهر النووية عاجزة من حيث طبيعتها نفسها عن توفيرها .

إن مبدأ هيزنبرج عن « اللايقين فى الطبيعة »[1] Principle of uncertainty هو مبدأ ينتج عن تحول معنى الحقيقة تبعا لما أكتشف فى العلوم الفيزيائية المعاصرة مما أختلت به الموازين القديمة كل الاختلال . فقد أتضح فى هذا القرن أن كل المعرفة الطبيعية عامة والفيزيائية خاصة والتى حصل عليها العلم ليست إلا معرفة احصائية Statistical Knowledge . هذه المعرفة تختفى وراءها حقيقة الأشياء – وحقيقة الكون Universe بالذى فيه من علل ومعلولات Cause and effect .

وأن هذا العالم المختفى وراء ما نعلم من ظواهر وما نعلم إلا القليل – ليس معروفا إلا بلغة رياضية تجعل تصورنا للمادة بعيدا عن تصوراتنا المألوفة التى ندركها حسيا – لذلك يرى بعض العلماء أن العالم الذى ندركه ونصفه ليس إلا ظاهر العالم – أما العالم المادى الحقيقى فإننا مازلنا نجهل الكثير عنه .

لاينشتين رأى فى الكون يتميز به عن معاصريه – يتلخص هذا الرأى فى أن الكون بكل ما يحويه – كون موضوعى مستقل عنا وعن إدراكنا يرجعه إلى فلسفة معتقداتنا الأساسية وإلى المصادرات التى نتخذها أركانا أساسية فى تصوراتنا للعالم الطبيعى ألا وهى العلية والموضوعية . فالكون له موضوعية واستقلاله عن ذرات الباحثيين والعلماء – فالادراك والملاحظة وتدوين الوقائع والظواهر تدين بالفضل والدقة للأجهزة والالآت والمعدات والمقاييس المعيارية وما إلى ذلك من وسائل تبعد الشخص المدرك بذاته الانسانية وتجعله

---

(١) مبدأ اللايقين عند هيزنبرج وتعدد الظواهر الطبيعية فى أكثر من شكل واحد يزيد درجات الأعتقاد واليقين بوجود المدبر العليم .

لا يستطيع وصف المادة ولا الاستدلال على وجودها إلا بصيغ ومعادلات رمزية مجردة .

وعليه فإما أن يوغل الفلاسفة إيغالا فى نظرية المعرفة ويحللونها تحليلا فلسفيا . وإما أن يكون هناك اقتناع باستخدام مصطلحات السواد الأعظم من الدراسين وما سهل استخدامه وتبين نفعه .

إن العلة والمعلول عبارة يعمل فى نطاقها الباحث فى تجربته ، ما نفعت وهى قد لا تنفع ولا يكون من وراءها إلا التحفظ .

وأن القضية قانون العلية قانون كلى تخضع له كل ظواهر الكون قضية كاذبة – ليس هناك عداء من جانب العلماء المعاصرين للعلية – إذا جاءت نتائج التجارب تنطوى على العلية أثبتوها وإذا جاءت نتائج أخرى معارضة أثبتوها أيضا .

أما الحتمية Determinism فى العلم الطبيعى ، فهى القول بأن الظواهر الطبيعية تطرد وفقا لقوانين ثابتة محتومة بمعنى أن الأنسان يفترض دائما أن الظواهر تخضع دائما فى إطرادها لنظام دقيق محكم لا تحيد عنه .

إذن فالمقصود بالحتمية هو الاعتقاد بأن الظواهر الطبيعية وكل ما يحدث فى الكون بما فى ذلك الأفعال الأنسانية وظواهرها السيكولوجية – إنما تقع نتيجة ضرورية لما سبق من أحداث على وجه لا يكون فيه أى درجة من درجات الأستثناء – ومعنى ذلك أننا إذا ما عرفنا الظروف التى تحدث فيها الظاهرة لأمكن التنبؤ بحدوث هذه الظاهرة كلما وجدت هذه الظروف،وبمعنى آخر الاعتقاد بأن الحوادث كلها ناتجة عن علل حتمت وقوعها .

هناك تعريف محدد للحتمية : هو القول أن كل ما بالعالم من ظواهر ووقائع وحوادث تخضع لقوانين معينة تفسر وقوعها ، بحيث إن عرفنا تركيب جزء معين من المادة فى مكان معين وزمن معين ، وعرفنا القوانين التى تخضع لها هذه المادة . أمكننا تفسير كل ما صدر عنها من حركة وتفسير فى الماضى ونتنبأ بما سوف يصدر عنها فى المستقبل . وإذا حدثت واقعة لا نستطيع تفسيرها فى ضوء ، ما لدينا من قوانين ، نقول أننا لم نكتشف بعد القانون الذى يحكمها[1] .

إذا كانت الحتمية تقوم على إمكان التنبؤ بالأحداث والظواهر والوقائع الطبيعية نظرا لوجود تعاقب حتمى مطرد بينها ، فعلى العلماء فى مجال البحث العلمى الكشف عن

(١) د. محمود فهمى زيدان : علم الطبيعة المعاصر ١٩٨٣

القوانين التى تؤكد هذا الأطراد فى الطبيعة على هذا النحو الضرورى بناء على ملاحظتهم للظواهر .

هناك حتمية يطلق عليها الحتمية الكلية ، وهى القول بأن كل حادثة فى الطبيعة تحددها حادثة أو سلسلة من الحوادث سابقة عليها ، بحيث نقول ما كان ينبغى أن تحدث حادثة ما لو أن تلك السلسلة السابقة عليها لم تحدث[١] .

لقد عبر « كلودبرنارد » **Claude Bernard** عند ذلك المبدأ بقوله ، أنه « فى الكائنات الحية وفى أجسام الجوامد على حد سواء ، تتحدد شروط وجود كل ظاهرة تحديداً مطلقاً بمعنى أن هناك شروطا ضرورية لوجود ظاهرة ما تسبقها أو تصحبها بحيث يستحيل أن تحدث هذه الظاهرة فى غياب الشروط[٢] . والعالم الحتمى عند « بيكون » تسيره قوانين ثابته لا توجد فيه حوادث تعصى أو تخالف تلك القوانين — فإن وجدت ، إذن فالقوانين هى الكاذبة لأنها لن تكون قوانين حتمية . تراءى لبيكون أن بالكون عددا محدودا من الطبائع Natures بإجتماعها وتفرقها بدرجات مختلفة تتألف الأشياء الجزئية[٣] ، وأن مشكلة العلم هى معرفة تلك الطبائع واكتشاف قوانينها .

ظل العلماء يعتقدون فى صحة مبدأ الحتمية ، على أساس أنه أحد المبادىء الضرورية لإقامة القوانين العلية — إذ أن حتمية أى ظاهرة لابد وأن تصاغ فى صورة قانون . ولذا فالتفسير فى العلم هو بمثابة تحديد لصيغة القانون الذى يكشف عما فيه من ضرورة[٤] . وهكذا ظل مبدأ الحتمية سمة من سمات العلوم الطبيعية حتى طوال القرن التاسع عشر ، فلقد كان من خصائص التفكير العلمى آنذاك التسليم مقدما بمبدأ الحتمية أو الجبرية[٥] .

فالظواهر يتم وقوعها متى توافرت أسبابها ويستحيل أن تقع مع غياب هذه الأسباب ، كما كان التنبؤ أهم سمات العلم وهو وليد إطراد العلاقات بين الظواهر ، ولذلك كان وقوع

---

(١) بول موى : **المنطق وفلسفة العلوم** ترجمة د. فؤاد زكريا الجزء الأول ص ٧٩

(٢) د. محمود فهمى زيدان — **الاستقراء والمنهج العلمى** دار الجامعات المصرية ١٩٧٧ ص ٦٧

(٣) نفس المرجع السابق ص ٦٧

(٤) بول موى : **المنطق وفلسفة العلوم** ترجمة د. فؤاد زكريا الجزء الأول ص ٨٠

(٥) عادة تستخدم كلمة الجبرية Fatalism فى مقابل حرية الأختيار بالنسبة لأفعال الانسان وسلوكه وتستخدم كلمة الحتمية Determinism فى مقابل Indeterminism بالنسبة للظواهر الطبيعية وحوادث وموضوعات العالم الخارجى .

راجع مجمع اللغة العربية : معجم الفيزيقا النووية والالكترونية ١٩٧٤

الظواهر فى نظر العلم ضرورى وليس ممكنا أو محتملا ، ومعنى هذا أن المستقبل سيكون على صورة الحاضر لأن كليهما خاضع لقوانين محددة صارمة .

فالظواهر الطبيعية إنما تحدث بشكل مطرد ، على وتيرة واحدة لا تتغير ، وهذا ما يسمى بمبدأ اطراد الطبيعة Uniformity Nature ، ويرجع مبدأ العلية إلى ظن بعض الفلاسفة أن ما يحدث فى الطبيعة يمكن أن ينحل إلى حوادث منفردة قد تتجمع أزواجا على صورة تكون عليها حوادث كل زوج متصلة بعلاقة العلة والمعلول .

عبر لابلاس Laplace عن هذا المعنى بقوله : إن علينا أن نعتبر الحالة الراهنة للكون نتيجة لحالته السابقة وسببا فى حالته التى تأتى بعد ذلك مباشرة ، ولو أنه أتيح لعقل ما فى لحظة من اللحظات أن يتعرف على سائر القوى المنتشرة فى الطبيعة ، وموضوع كل كائن من الكائنات التى تتكون منها لاستطعنا أن نعبر بصيغة واحدة عن حركات أكبر الأجسام فى الكون ، وعن حركات أضأل الذرات وزنا ولكان علمنا بكل شيء علما أكيدا ، بل سيكون المستقبل كالماضى سواء بسواء ، حاضراً أمام عينيه كالحاضر تماما[١] .

اهتم علماء مناهج البحث فى العلوم التجريبية بدراسة مبدأ الحتمية من حيث هو أساسى للاستقراء ، والمنهج الاستقرائى ، إذ أن الاستقراء يفرض الأيمان بالحتمية ، أى الأعتقاد بخضوع الطبيعة لقوانين ثابتة ، ومن هنا كانت الحتمية أساس الاستقراء[٢] . إلا أن الفلاسفة وفلاسفة العلم توقفوا عند هذا المبدأ ، بغرض تحليله ، ومعرفة الأساس الذى يقوم عليه ، أو معرفة مصدره .

فقد أعتبره التجريبيون نتيجة لعملية استقرائية ، فى حين أنه هو الأساس للاستقراء لأن المبدأ الواحد لا يكون برهانا على صحة نفسه . كما أعتبره بعض الفلاسفة من العقليين مبدأ فطرياً فى عقل الانسان والدليل عندهم على ذلك أن أغلب الناس يعرفون هذا المبدأ . أما فلاسفة العلم من المنطقيين فقد رفضوا التفسيرين السابقين واعتبروا مبدأ الحتمية فرضا شديد العمومية ، نسلم بصحته دون أن نشعر بالحاجة إلى البرهنة عليه — فطالما هو الأساس الذى تعتمد عليه جميع العلوم وطالما أن التسليم به يتيح الفرصة لتقدم العلم — وطالما أن البرهان على استحالته ، هو فى ذاته أمر غير ممكن .

أجاد نيوتن Newton التعبير عن الميكانيكية فى أبهى صورة علمية لها — وتؤدى ميكانيكا نيوتن إلى القول بحتمية وقوع الظواهر الطبيعية والتنبؤ الدقيق بمستقبلها فإذا ما

(١) د. محمود قاسم **المنطق الحديث ومناهج البحث** ص ٦٦ القاهرة ١٩٦٨

(٢) بول موى **المنطق وفلسفة العلوم** الجزء الثانى ص ٢٣١

عرفنا حالة العالم فى لحظة معينة واحدة لاستطعنا أن نحسب بأقصى درجات التفصيل الطريقة التى سوف تتغير بها هذه الحالة إلى حالة أخرى ، وإذا ما عرفنا هذه الحالة الأخرى لاستطعنا أن نحسب الحالة اللاحقة لها وهكذا إلى غير ما حد . ومعروف أن حتمية نيوتن هى الحتمية المطلقة والتى سادت فى مواقف علماء الطبيعة فى القرنين الثامن والتاسع عشر – تلك الحتمية المطلقة ، رفضها الفلاسفة والعلماء المعاصرين واتخذوا لهم حتمية أكثر اعتدالا تتمشى مع اكتشافات علم الطبيعة فى القرن العشرين كما أرتأى لهم أن الفيزياء المعاصرة أوسع مجالا لتطبيق الحتمية المعتدلة باستخدام القوانين الاحصائية الاحتمالية ، التى اضطر العلماء إلى استخدامها عندما تعسر عليهم تطبيق القوانين العلية فى تفسير الكثير من الاكتشافات .

يرى القائلون بالحتمية أن الظواهر الطبيعية فى الكون تسير فى اطراد وفق قوانين إحصائية إحتمالية تصف وتفسر الظواهر والحوادث مع إمكانية التنبؤ بفضل القوانين الطبيعية الصارمة التى لا تتغير – والظواهر التى تضبطها هذه القوانين يربطها بظروف وجودها حتمية معتدلة – قد نكشف فى ثناياها بعض العلاقات العلية فيما تصفه وتفسره تلك القوانين .

« الفيزياء المعاصرة أوسع مجالا لتطبيق الحتمية باستخدام القوانين الاحصائية »

ظل مبدأ الحتمية مقبولا فى العلم حتى القرن التاسع عشر – حين بدأت النظرة تتغير إلى ميكانيكا نيوتن وقوانينه الخاصة بالحركة ومن ثم بدأت الثقة تضعف فى مبدأ الحتمية المطلق أو الآلى ... Mechanical Determinism فالكون لم يعد مع بداية القرن العشرين على نفس التصور والتفسير لظواهره التى كان يظن أنه عليها من قبل – إذ بدأ منذ ظهور نظرية الكوانتم Quantum theory تفسير جديد لظواهر الكون – وبدا للكثير من العلماء عدم صلاحية مبدأ الحتمية المطلقة ومن ثم اتجهوا إلى القول أحيانا بحتمية أخرى وأحيانا باللاحتمية وإلى رفض كل تحديد مسبق لما فى العالم من ظواهر لم يمكن تفسيرها ضمن القوانين الثابتة الحتمية السابقة – ولم يكن ذلك إلا بظهور ما يتعلق ببعض مجالات البحث الفيزيائية أهمها النظريات العلمية فى العلوم الطبيعة التى تقوم على قوانين احصائية[1] مثل

---

(١) أمكن تطوير مفهوم القانون الاحصائى بحيث يتضمن حساب الاحتمالات الرياضية مما يساعد على التفسير والتنبؤ – من الأمثلة على ذلك ما يقوم به الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء من عمل إحصائيات مستقبلية للمواليد والوفيات للشعب لإمكان التنبؤ بالتغيرات المستقبلة إجمالاً. كما أن التنبؤ الفلكى بما سيصير عليه الطقس العام ينبع من علوم لها أصولها وحساباتها ، فالواقع أن التنبؤ

قانون العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه « بويل » والنظرية الحركية للغازات وقانون الديناميكا الحرارية - ونظرية الكوانتم فى انبعاث الطاقة والأشعاع - والنظرية الموجية للمادة

(۱) ما يتعلق بتفسير النظرية الحركية للغازات :

تبين للعلماء عدم إمكانية استخدام قوانين ومعادلات نيوتن للحركة بصورة مباشرة فى دراسة حركة جزيئات الغاز - لأنه فى أقل الحجوم الصغيرة لغاز توجد كمية تعادل مليارات الجزيئات تتطلب حل مسألة حركتها كتابة معادلات الحركة لكل جزىء . وهذا يعنى كتابة قوانين معادلات الحركة لنيوتن بما يساوى عدد جزيئات الغاز ثم حل هذه المعادلات جميعا فى اللحظات التى يتغير فيها اتجاه حركة المليارات من جزيئات الغاز عقب كل تصادم .

لذا فقد ذهب الفيزيائيون إلى الأخذ بحساب سلوك المجموعات الكبيرة من الجزيئات وتطبيق حسب الاحتمالات Calculus of probabilites .

ولقد درس مكسويل وبولتزمان وكلاوزيوس هذه الحركة دراسة شاملة وأخضعوها للقواعد الرياضية فى حساب الاحتمالات .

ان فكرة الاحتمال على الأقل تبسط موضوع تحليل هذه الظاهرة ومثيلاتها فى مجال فيزياء الغازات فلن يمكن وصف جسيم وصفا كاملا حتى إذا كانت لدى الباحثين أجهزة كاملة للقياس – إن النظرية الحركية للغازات كانت أول بصيص يشير إلى فلسفة اللايقين .

(۲) ما يتعلق بمبدأ اللايقين لهيزنبرج :

هذا المبدأ قوض الفيزياء التقليدية التى تعتمد أساسا على فكرتى الموضع والسرعة ، لتوضيح ذلك ، يقول العلماء لكى نقيس سرعة الكترون أو نحدد موضعه لابد من إنارته فلا يمكن رؤية شىء فى الظلام – وكيف تتم الأنارة ؟ إن ذلك يتوقف على حجم الشىء فالشرط الأول للحصول على الصورة واضحة للشىء هو أن يكون طول موجة الضوء المستخدم فى الأنارة أقل من حجم ذلك الشىء[1] . فإذا كان مقياس حجمه ينقص بحوالى

= العلمى لاينبع من فراغ ، بل هو نابع من نواميس الكون وأحكامه ويتمشى معها ولايتعارض مع قواعدها

راجع . د. عبد المحسن صالح – التنبؤ العلمى ومستقبل الانسان عالم المعرفة ١٩٨١ ص ١٥

(١) ريدنيك ، فـماهى ميكانيكا الكم ؟ ص ١٢٨ - ترجمة عربية صادرة عن دارميرا للطباعة والنشر موسكو ٩٧١

مليار مرة عن طول موجات الضوء - فبأى شيء يمكن إنارته ؟ لا يوجد لدى العلماء إلا أشعة جاما ذات الموجات القصيرة جدا - عندما وجه العلماء أشعة جاما إلى الالكترون فإننا لا نجد لهذا الأخير أثراً .

فقد كان هناك الكترون فى هذا المكان ثم طار إلى مكان مجهول[١] . هكذا تبين للعلماء استحالة تحديد موضع الالكترون أو سرعته فى أى لحظة مما جعلهم يرفضون مبدأ التحديد أو الحتمية المطلقة .

وأستعاضوا عنه بمبدأ اللاتحديد أو اللايقين حيث الاحتمال والترجيح بدلا من الحتم والتحديد فى عالم الكيانات المتناهية فى الصغر الأمر الذى دعى هيزنبرج إلى القول بأن الفيزياء النووية لا تخضع لمبدأ الحتمية الكلى فى تفسيرها لحركة وسرعة الالكترونات[٢] . وبالتالى عجز العلماء عن إمكانية التنبؤ .

(٣) ما يتعلق بالخاصية الثنائية للضوء :

كانت هناك النظرية الجسيمية Corpuscular theory لنيوتن والتى تفسر الضوء على أنه جسيمات تسير فى خطوط مستقيمة نسميها أشعة الضوء وهذه النظرية تتفق وقوانين نيوتن الكلاسيكية فى الحركة . ثم ظهرت النظرية الموجية Wave theory لكريستيان هيجنز C.Huygens الفيزيائى الهولندى المعاصر لنيوتن وهى تفسر الضوء على أنه موجات لا جسيمات ينتشر فى وسط رهيف يتخلل كل الأجسام هو الأيثير Ether[٣] وقد أيدتها التجارب التى قام بها بعد ذلك كل من توماس يونج T.Young وفرزنل Fresnel وفراونهوفر Franuhofer فضلا عن تجارب مكسويل Maxwell وهرتز Hertz .

وبظهور نظرية الكوانتم السابق ذكرها تفصيلا ، افترض أينشتين أن الضوء هو مجرد سيل من الفوتونات ، والفوتون بهذا المعنى جسيم يحمل مقدارا ضئيلا جدا من الطاقة المضيئة - وكان استدلاله على كونه جسيما يرجع إلى تجربة انطلاق الكترونات من أى جسم معدنى بتأثير الضوء حيث الطاقة الفوتونية تكفى لتحطيم الروابط بين الالكترون والمعدن .

---

(١) A, Eddington, **The philosophy of physical science** Cambridge 1938 p. 90

(٢) A, Eddington, **The nature of the physical world.** Cambridge Univ. Press 1944 p.220

(٣) Malpa phillips, **Quantum Mechanics,** macmillan 1949 p.189

هناك إذن نظريتان للضوء تفسران طبيعته ، لكل منها ما يؤيده من تجارب لذا انتهى علماء الفيزياء إلى رأى لا سواه وهو أن الضوء عبارة عن جسيمات وموجات فى آن واحد يظهر كموجات عندما يدرسون ظواهر معينة « كالتداخل » Interference « والحيود » Diffraction[1] ويظهر كجسيمات (فوتونات) عندما يدرسون ظواهر الطاقة . بل أن الظاهرة الضوئية الواحدة أصبح من المستطاع تفسيرها من خلال النظريتين فالفوتون يتصف بصفات موجية جسيمية – لأنه جسيم قادر على طرد الالكترون من المعدن – كما أن له ترددا وبالتالى له طول موجى وطاقته تتناسب مع تردده الموجى . هكذا يتضح أن ظواهر الكون الفيزيائى لا تخضع لقوانين واحدة ثابتة أو مطلقة والا لكانت تقبل تفسيرا واحدا صحيحا .

والأمثلة الثلاثة السابقة تتعلق بظواهر الكيانات المتناهية فى الصغر والتى يطلق عليها فى الفيزياء المعاصرة اسم الكيانات « الميكروفيزيائية » Microphysics .

(٤) فيما يتعلق بالفضاء الكونى :

أما فيما يتعلق بالكيانات الكونية المتناهية فى الكبر وما يطلق عليها الكيانات الماكروفيزيائية Macrophysics فقد كان الرأى قديما يرى الكون كله على أنه منظم وفقا لقوانين ثابته مطلقة أو حتمية بها إطراد منتظم إلا أنه مع تقدم علم الفلك وظهور النظريات النسبية تبين أن وحدات الكون لم تعد هى الكواكب والنجوم ، بل أصبحت هى المجرات التى لم يمكن للعلماء إحصاء عددها[2]، والتى قوام كل مجرة منها آلاف ملايين النجوم يبعد بعضها عن الأرض بما يزيد عن مليون سنة ضوئية .

وأن المجرات التى توجد بها تلك النجوم تتباعد وتتراجع عن بعضها البعض بسرعة تصل إلى ملايين الأميال فى الساعة بحيث لا يصلنا شيء من الضوء المنبعث من أقرب نجومها إلينا[3] . وهكذا يزداد حجم الكون ويتمدد مما يعنى أن القول بقوانين ثابتة مطلقة تحكم حركات الكون المتمدد الهائل لا ينطبق ، حيث لا تستطيع الوقوف على نهاياته أو اتجاهات حركة مجراته ، أو سرعاتها بحيث يمكن فى لحظة ما أن نتنبأ باتجاه أو موقع مجرة –

(١) ظاهرة الحيود أو الانعطاف بحسب ترجمة المجمع اللغوى .

(٢) قوام الكون المرئى فى وقتنا الحاضر ما يزيد عن ٢ مليون مجرة كلها آخذة فى التباعد عن بعضها البعض

راجع : د جمال الدين الفندى : **الفضاء الكونى** ص ١٢ المكتبة الثقافية العدد ٣٧ سنة ١٩٦١

(٣) نفس المرجع السابق ص ١٣

طالما أننا نفقد أثرها الضوئى . ومن ثم فهم ينتهون إلى أن مبدأ الحتمية المطلقة لا يصلح لتفسير الظواهر الكونية .

الحتمية بين التأييد والرفض :

إن بعض الاتجاهات العلمية والفلسفية مازالت تؤيد وجود مبدأ الحتمية المطلقة . من بين أنصار المبدأ الحتمى فى الفلسفة المعاصرة ، أصحاب المادية الجدلية[1] . فهم يتفقون على أن الظواهر محددة بطريقة علية وتخضع فى تطورها الأساسى لقوانين موضوعية ، وبعبارة أخرى كل الظواهر الطبيعية مرتبطة بمجموعة محددة من العلل والشروط على وجه ضرورى . وأن الضرورة العامة للظواهر متصلة تماما بمبحث مادية العالم وأن كل ما فى العالم هو المادة ومنتجاتها وأن صورة وجود المادة هو المكان والزمان وكل الظواهر تحدث فيها .

هذه النزعة الحتمية قوبلت بمعارضة شديدة من جانب اللاحتميين الذين يرون أن التقدم العلمى فى أواخر القرن التاسع عشر زعزع مبدأ الحتمية فى مجال العلوم الفيزيائية وبمجىء القرن العشرين بنسبيته ومقاييسه الدقيقة انتهى الأمر بأغلب العلماء إلى رفض الحتمية المطلقة .

وقد حمل « أدنجتون » Eddington العالم والفيلسوف الأنجليزى حملة عنيفة على أنصار المبدأ الحتمى المطلق ، مؤكداً أنه لا يعرف أى قانون حتمى فى عالم الفيزياء والظواهر الطبيعية وما القول بالحتمية فى رأيه إلا نتيجة لمعرفتنا السطحية . إن ادنجتون ممن لا يرتضون مبدأ الحتمية المطلق principle of absolutedeterminism حيث يرى أن تقدم الفيزياء المعاصرة يجعل الدفاع عن مبدأ الحتمية المطلق مستحيلا ، وهو يقول أنه لا يعرف أى قانون حتمى فى عالم الطبيعة وأن فرض الحتمية المطلق لا يعتمد على أى دليل ، بل هو فى طريق الاختفاء – كذلك يرى أن الايمان بوجود علاقات صارمة فى الطبيعة – ليس إلا نتيجة للطابع الساذج الفج الذى تتصف به معرفتنا للكون ، ويمكن تفسير الإيمان بالحتمية المطلقة بأننا لا نعرف الأجسام المركبة وبأننا نخلط فى الواقع بين القوانين بمعناها الحقيقى وبين القوانين التى لا تصدق إلا على المركبات . أما الآن وقد أنتهينا إلى معرفة طبيعية أكثر دقة عما مضى ، فإننا نرى أن هناك مجالا فى الظواهر يسيطر عليه مبدأ آخر وهو مبدأ اللاحتمية Indeterminism الذى يصدق على التفاصيل والعناصر التى تتكون منها المركبات والأجسام .

(١) ف ريدنيك : ماهى ميكانيكا الكم ؟ دارمير للطباعة والنشر العلم للجميع ص ١٢٦ الطبعة الثانية ١٧٦

يقول « ادنجتون » فى هذا الصدد إن الأرض لا تطرد فى حركتها وفقا لقانون محدد . The earth goes anyhow it likes. حقيقة أن المبدأ الحتمى فى العلوم الطبيعية قد فقد فى الوقت الحاضر الكثير من مبررات وجوده ، فاكتشاف نظرية الكوانتم لماكس بلانك واكتشاف هيزنبرج لمبدأ اللاتحديد عام ١٩٢٧ وغيرها من الأكتشافات العلمية الحديثة ، قد أبعد كل قول بالحتمية وحل محلها مبدأ حتمية معتدلة تسير وفقها الظواهر الطبيعية .

ويقول **ادنجتون** فى كتابه « طرق جديدة فى العلم »[1] أن تصورات الظواهر الطبيعية تزداد صعوبة على الفهم ، فقد غيرت النظريات النسبية والكوانتم والميكانيكا الموجية شكل العالم ، وجعلته يبدو وهميا فى عقولنا . وربما لم تكن النهاية قد حلت بعد ، ولكن للتحول وجهة أخرى – فقد كانت الواقعية الساذجة والمادية والتصورات الآلية للظواهر بسيطة على الفهم ، ولكننى أعتقد بعدم تصديقها إلا باغلاق الأعين عن الطبيعة الجوهرية للتجربة الواعية ، إن هذه الثورة فى التفكير العلمى لتزيل التناقض العميق بين الحياة والمعرفة وأن آخر أوجهها باستبعاد الحتمية لهو إحدى الخطوات الكبرى فى سبيل التقدم . وإلى هذا الحد الذى وصلنا إليه فى بحث العالم المادى لا يمكننا أن نجد ذرة من دليل فى صالح الحتمية .

(٥) القوانين العلمية احتمالية :

كانت الكيانات التى أستخدمها الفيزيائيون لتكوين الذرة هى الالكترونات والأنوية بما تحويه . وكانت الصعوبة هى أن تعرف وأن تحدد أى ميكانيكا ينبغى استخدامها لوصف وتحديد حالات الحركة للمجموعات الذرية .

كان الأتجاه الأول هو أن نعتبرها مجموعات تحكمها القوانين الكلاسيكية ولما فشل هذا الأتجاه الأول فى تفسير استقرار الذرات ووجود مستوياتها الطاقية أصبح لزاما على الفيزيائيين الالتجاء إلى نظرية الكوانتم . ثم جاءت الميكانيكا الموجية لتعيد تفسير نتائج نظرية الكوانتم بعد تعديلها فى أكثر من موضع ولتفتح العيون على تصورات غيرت تغييرا جذريا الصور التى قامت عليها كل النظريات الفيزيائية كما أوضحت أن حتمية الفيزياء الكلاسيكية يجب أن تتنحى إلى حد ما فى هذا النطاق الجديد لتترك المكان لعدم التحديد الكمى (لعدم اليقين الكمى) وللاحتمالات .

فقد كان من تطور ما صادفته الميكانيكا الموجية من نجاح أنها طبقت على المادة

---

(١) Eddington; Newpathways in Science.

ادجتون أشد العلماء الفلاسفة المحدثين تحمسا لنفى الحتمية .

تصورات الاحتمال وعدم التحديد واللافردية والمظاهر التكميلية التى أوحت بها دراسة الضوء وهكذا فتحت آفاقا أمام فلاسفة العلم الطبيعى .

فالقوانين العلمية أصبحت قوانين احتمالية[1] تصف لنا ما يحدث فى الطبيعة دون إضافة أى عنصر ضرورى أو حتمى . وأصبح الاقتراب إلى روح العلم أن يكون القانون العلمى مجرد « وصف » للاطرادات التى نلاحظها فى الأشياء دون أن نضيف إلى هذا الوصف أى عنصر حتمى وأن كل ما يقوله فلاسفة العلم المعاصرين لا يخرج عن مجرد الاحتمال ولا يبلغ مرتبة اليقين مهما زادت درجة الاحتمال .

وعن تصور الاحتمال نشأ تصور القانون الاحصائى بفضل الفيلسوف الرياضى الفرنسى **باسكال** Pascal حيث توصف القوانين الطبيعية بالاحتمال – أى قد تكون صادقة أو كاذبة واحتمال صدقها أكبر من احتمال كذبها ، أو أنها صادقة طالما تدعمها التجربة – أمكن تطوير مفهوم القانون الأحصائى بحيث يتضمن حساب الاحتمالات الرياضية – كما يتضمن فرضا فى ذهن العالم يوجه ملاحظاته وتعميماته ويساعد القانون الاحصائى بهذا المستوى على التفسير والتنبؤ .

هكذا يبتعد المبدأ الحتمى المطلق من مجال العلوم الفيزيائية والطبيعية وأصبح القانون العلمى على يد أنصار الوضعية المنطقية أشبه بالخريطة الجغرافية ، فهو تعليمات يسترشد بها الباحث فى طريق سيره خلال الظواهر الطبيعية .

كان من المقرر لدى فلاسفة وعلماء القرنين الثامن عشر والتاسع عشر أن مبدأ الحتمية هو فرض الفروض أو الأساس الذى تعتمد عليه جميع العلوم – ولولا هذا الفرض لما نشأت العلوم الطبيعية أو تقدمت . فتاريخ هذه العلوم يشهد بأنها لم تخط خطوات واسعة فى الكشف عن القوانين الطبيعية إلا منذ أعتقد الباحثون أن الطبيعة تخضع لنظام عام ثابت مطرد ويصدق ذلك على العلوم الطبيعية والعلوم الانسانية وأكثر من ذلك فإن مبدأ الحتمية شرط ضرورى للتفكير الاستنباطى Deduction لأن نقطة البدء فيه دائما صادقة فى جميع الأزمان والأمكنة . حقا لم يستطيع أحد البرهنة على صدق مبدأ الحتمية بطريقة قياسية أو تجريبية أى بالملاحظة والتجربة المباشرة فيه ، والدليل غير المباشر على صدق مبدأ الحتمية عند المناطقة هو ذلك العدد الكبير من القوانين العلمية التى كشفت عنها مختلف فروع العلوم الطبيعية .

---

(١) H. Dingle, Science and Human Experience. London. 1931 p.87

يقول **هنرى بوانكاريه**[1] : ان القانون من أحدث الكشوف التى أهتدى إليها العقل الإنسانى ومازالت توجد شعوب تعيش فى معجزات مستمرة دون أن تبدى دهشتها لذلك أما نحن فيجب علينا أن ندهش من اطراد الطبيعة ونظامها . لقد كان لتقدم علم الطبيعة الحديث فى القرن العشرين بسبب الاكتشافات النووية وظهور نظريات الكوانتم والنسبية تأثيره على مبدأ الحتمية - إن علم الطبيعة التقليدى (النيوتونى) كان يصور العالم كما لو كان نظاما ميكانيكيا ، يمكن وصفه بدقة من الوجهة المكانية ، وما يطرأ عليه من تغيرات الوجهة الزمانية ، بحيث يمكن التنبؤ بتطور الظواهر فى الكون على درجة عالية من الدقة بمعرفة عدد من الحقائق . ثم اتضح بعد ظهور الاكتشافات المعاصرة أن العالم يعجز عن تحديد موضع أحد الجزيئات التى تدخل فى تركيب الأجسام كما يعجز عن تحديد سرعة هذا الجزىء فى الوقت نفسه .

إذ لوحظ أن كل زيادة فى دقة قياس الوضع المكانى للجزىء تفضى إلى زيادة مقدار الخطأ فى تحديد سرعته . والعكس بالعكس . أى أن عالم الفيزياء يعجز عن تحديد القوانين الخاصة بالأجسام المتناهية فى الصغر - ولو أمكن تحديد هذه القوانين لاختلفت عن القوانين التى تصدق بالنسبة إلى المركبات التى تتكون من هذه الجزيئات المتناهية فى صغرها أى أن ما يصدق بالنسبة إلى المجموع لا يمكن أن يكون صادقا بالنسبة إلى كل عنصر من عناصره .

وأما « **ديراك** » Dirac فيصرح بأنه لا سبيل للدفاع عن مبدأ الحتمية بمعناه التقليدى ويقول أن الطبيعة تجد نفسها فى لحظات معينة لدى مفترق طرق ، أى أمام عدة اتجاهات ممكنة ومن ثم يجب عليها أن تختار إحدى هذه الأتجاهات التى تعرض نفسها عليها . وهذا الاختيار حر إذ لا يمكن التنبؤ بما سيحدث اللهم إلا إذا كان ذلك على هيئة ما يسمى « بحساب الاحتمالات » ، Calculus of probabilities . يتفق أينشتين مع كثير من العلماء المعاصرين فى حتمية العالم الطبيعى وسلطان القانون العلمى ويقول : إن الحوادث

(١) **هنرى بوانكاريه** Henery. B. (١٨٥٤ - ١٩١٢) هو واحد من فريق العلماء المتابعين لنقد المعرفة العلمية وله فى هذا كتب مشهورة هى العلم والفرض (١٩٠٢) وقيمة العلم (١٩٠٥) والعلم والمنهج (١٩٠٩) وخواطر أخيرة (١٩١٣) نشر بعد وفاته ، وهو يذهب إلى أن ليس للنظريات العلمية مايدعيه لها المذهب الواقعى من قيمة مطلقة ، ففى تطبيقها على الظواهر المستقبلية يوجد دائما إمكان للتغير ، ويوجد أحيانا كثيرة ضرب من عدم المطابقة قد يسمح بتصور تفسير آخر وبنسبية العلم الحديث ولاسيما الفيزياء .

راجع كتاب قيمة العلم Henery. B., **Value of science.** London p.17

فى الطبيعة تحكمها قوانين دقيقة حاسمة أكثر مما نظن[١] ، وتتضمن نظريته العامة للنسبية أن تركيب الكون وحركات ما فيه من أجرام سماوية وأجسام محسوسة تخضع لقوانين واحدة ثابتة مع إطراد منتظم للظواهر بحيث يمكننا التنبؤ بفضل المعادلات الرياضية .

ويقول جينز : إن المعادلات الى تعبر عن الموجات فى النظرية الموجية للطاقة كما رآها مكسويل والتى تعبر عن انتشار الأثر الكهربى – هى معادلات تدعم الحتمية لأنه يمكن معرفة الظروف المستقبلة بمعرفتنا فى أى لحظة حالية . وتتضمن المعادلات التفاضلية المعبرة عن موجة الالكترون حتمية مماثلة .

رسل والحتمية :

كتب رسل مقالة بعنوان مذهب الحتم والفيزياء[٢] Detrminism and physics تؤكد الحتمية فى علم الطبيعة التقليدى على أن العلاقة بين الأشياء هى علاقة علية تقوم على دعائم ثلاث المكان والزمان والمادة – انتهى الأمر بالمادة من خلال نظرية الكوانتم ، أن أصبحت إشعاعا متموجاً فى حركته ، وهدمت النسبية فكرتى الزمان والمكان المتتابعين ، وحل محلها متصل « الزمكان » . وهكذا انهار مذهب الحتمية . كما أمتدت الثورة إلى زعزعة الصحة المطلقة لقانون العلية . ويناقش رسل فى مقالته ما إذا كان مبدأ اللايقين لهيزنبرج يتضمن الإشارة إلى أن العالم لا يتكون من نظام حتمى ، وبعد ظهور ميكانيكا الكوانتم . ويرى « رسل » أن مبدأ اللايقين نتاج للنظريات المعاصرة يتناول الوقائع بأسلوب جديد ، فهذا المبدأ لا يدل على وجود شيء لا نستطيع تحديده كما يفهم البعض – فكل شيء يمكن تحديده وتعيينه ، باستخدام الملاحظة والتجربة بالإضافة إلى الوصف الكافى للظواهر المعنية – فاللايقين لا يعنى الفوضى والتشتت – كما يشير اللايقين إلى التحديد التقريبى أو القياس الاحتمالى للظاهرة دون الوصول إلى نتيجة بتحديد تام – والقياس الاحتمالى هنا – يعنى الاحتمال المستخدم فى العلوم الطبيعية والرياضية المعاصرة بمفهومه الاحصائى الذى يتعلق بالمتوسطات والمجاميع . وإدخال هذا المنهج الأحصائى والموضوعى لا يعنى إدخال الذاتية كما يرى « رسل » إنه لا يجد ما يمنع من أن يكون القانون احصائيا وعليا فى نفس الوقت ويستشهد بالقوانين الأحصائية فى نظرية الكوانتم مثلا على ذلك .

(١) دعاة الحتمية يقولون أن ما توصلنا إليه قديما من قوانين لم تكن هى القوانين الثابتة التى تفسر هذه الظواهر أو تلك ، بل كانت محاولات لتفسير الظواهر ، فنحن لم نتوصل بعد إلى الكشف عن القوانين الثابتة المطلقة لعجز أدواتنا العلمية المتاحة وقد يستطيع العلم ذلك مستقبلا .

(٢) B. Russell, **Determinism and physics.** Armstrong College, Jan 14, 1936

وهكذا بقدر اعتقاد رسل بمبدأ اللايقين لا ينفى القول بنوع من الحتمية .

الحتمية المطلقة والحتمية المعتدلة :

إنّ القول بالحتمية والعلية موقف فلسفى ميتافيزيقى وليس من العلم فى شىء فهو اعتقاد منذ قديم الزمن يتطور بتطور المذاهب الفلسفية ، وإن أدلى العلماء فيه بدلوهم – أن الحتمية الحاسمة أو المطلقة هى التى صاحبت الفكر النيوتونى والميكانيكا الكلاسيكية حتى نهاية القرن التاسع عشر .

وبعد اكتشاف نظرية الكوانتم والميكانيكا الموجية لم يرفض العلماء الحتمية المطلقة من حيث المبدأ وإنما عبروا فيما كتبوه بما يعنى اقتناعهم بحتمية أخرى « حتمية معتدلة » تتمثل فى القوانين الأحتمالية والميكانيكا الأحصائية التى يمكن أن تفسر الظواهر الطبيعية .

إن فيزياء الكوانتم فى مجالها الذى يتمشى مع الظواهر ذات المقاييس المتناهية فى الصغر عاجزة عن الوصول إلى الحتمية أى التنبؤ الكامل أو الدقيق بالظواهر الممكن مشاهدتها . أنصار الحتمية سوف يقولون أن هذا لا يثبت أنه ليس هناك حتمية كاملة للظواهر الطبيعية ، وأنه يثبت أننا لا نعرف كل الوسائل والعناصر التى يعتمد عليها كشف الظواهر الطبيعية . وأن بعضا من هذه الوسائل تغيب عنا ومعرفتنا لها ينبغى أن تقدم دليلا على الحتمية . فإذا تقدمت الفيزياء التجريبية المعاصرة بخطوات كاشفة عن هذه الوسائل والعناصر المجهولة – عند ذلك سوف يكون ممكنا أن نقيم حتمية من جديد « حتمية معتدلة » . أن الحتمية قائمة فعلا فى مجال الكيانات الفلكية المتناهية فى الكبر ولكنها لم تعد تظهر بهذا الوضوح فى المجال النووى وانتقال الطاقة . حيث لم يعد فى فيزياء الكوانتم قوانين حاسمة مطلقة ، وإنما هناك قوانين احتمال – فمن غير المستطاع أن نقدر مقدما الظاهرة الفردية ، ولكن إذا أخذنا عددا كبيرا من الظواهر الأولية وأخضعناها لقوانين احصائية دقيقة تصف تلك الظواهر فى مجموعات لأن الحوادث تقوم دائما فى مجموعات لأمكننا ذلك من التنبؤ الدقيق .

وقد تظهر لنا بعض العلاقات العلية حين نكتشف علاقة بين مجموعتين من الحوادث . يقول لويس دى بروى[1] : **يحق لنا القول بأن عجزنا فى الوقت الحاضر عن تتبع العلاقات العلية والحتمية فى مجال الجسيمات المتناهية فى الصغر يرجع إلى استخدام بعض المعانى الكلية التى ألفناها عن طريق تجاربنا على الأجسام العادية والتى لا تنطبق**

(١) L. De. Broglie, Physics and Micro physics. 1954 p.148

على الجسيمات المتناهية فى الصغر ومن الممكن أن تكون هذه المرحلة مؤقتة – وحتى إن أمكن اجتيازها يوما فسنرى أن أزمة علم الطبيعة المعاصر لم تنشأ بسبب عدم حتمية الظواهر – بل بسبب ما تنطوى عليه وسائلنا التجريبية من ضروب النقص . وهكذا سيدخل علم الطبيعة فى طريق مبدأ الحتمية الصحيح .

ويقول دى بروى أيضا : كانت الفيزياء الكلاسيكية تقودنا إلى وصف موضوعى للعالم الخارجى – لكن فيزياء الكوانتم لم تعد تقودنا إلى هذا الوصف الموضوعى وإنما تمدنا بشىء عن العلاقة بين حالة العالم الخارجى ، ومعرفة كل باحث أو راصد وهى علاقة أصبحت لا تعتمد على العالم الخارجى وحده ، بل وأيضا على المشاهدات والقياسات التى يجريها الباحثون ، وهكذا يفقد العلم جزءا من طابعه الموضوعى ولم يعد العلم تأملا لكون ثابت ، إنما أصبح قدرا معينا من معلومات معينة هى دائما جزئية يفهمها الباحث وتسمح له بأن يتنبأ تنبؤات ناقصة وليست إلا « محتملة الوقوع » ، وهذا ما تقودنا إليه نظرية الكوانتم ، وقد جعلت العلم البشرى أقل موضوعية وبالتالى قد جعلته أقل حتمية مما كانت علية الحتمية الكلاسيكية[1] .

لقد كانت حتمية العلم الطبيعى الكلاسيكى تسلم بإطراد صارم لا محيض عنه للكون الفيزيائى فى إطار « الزمن – مكان » ثم أدخلت النسبية تصورها لكل حوادث الكون فى « زمكان » – احتوى بهذا الشكل كل الماضى والحاضر والمستقبل فكيف تستطيع الفيزياء التى لم تعد تعرف حقيقة موضوعية مطلقة ، ولم تعد تعرف كيف تعطى شيئا على الإطلاق سوى العلاقات بين الباحث وما يرصد من مشاهدات ووقائع والتى لن تصل إلى صورة موضوعية كما يتطلب الوصف الحتمى للظواهر .

ننتقل إلى هيزنبرج وما يعنيه . لماذا تعجز تجربة القياس عنده وعند كل الباحثين عن تحديد الوضع المكانى للالكترون المفرد أو تحديد سرعته فى أى لحظة ما . إن مبدأه لا يستطيع تحديد كلا من الوجهين الهندسى والديناميكى بدقة تامة لحقيقة الظاهرة الفيزيائية – موضع الدراسة بينما كانت تزعم الفيزياء النيوتونية دون مناقشة أن ذلك مستطاعا .

يؤكد العلماء المعاصرون أننا حين نأخذ الالكترونات كمجموعات يمكن قياس الظواهر الفيزيائية وصياغتها فى قوانين احصائية احتمالية قادرة على التنبؤ بحوادث تحت شروط معينة تحددها المعادلات الرياضية التفاضلية .

---

(١) نفس المرجع السابق ص ١٥٢

خلاصة الرأى

أن ظواهر كلا من الفيزياء النووية والفلكية بها اطراد وتكرار ثابت ودائم - أو حوادث هذه الظواهر تخضع للقوانين الأحصائية رغم أن نتائج القياسات التى تقوم عليها معرفة الباحث سوف لا تصف الكون الفيزيائى كما هو ، بل كما يعرفه ذلك الباحث وفق تجارب تسلم بانحرافات غير معلومه ولا قبل له على التحكم فيها ، وعلى ذلك لن يتعين على الفيزياء أن تضع هدفا لها أن ترسم القوانين العامة للكون مستقلة عن أولئك الذين يدرسونها ويجب أن تقنع بدور أكثر تواضعا ، وهو تقديم المعرفة التى أستطاع الحصول عليها كل فيزيائى ، وأن تذكر أية تنبؤات تسمح له هذه المعرفة بالتنبؤ بها ، فى شئون الظواهر المقبلة - ولا شك أننا أصبحنا لا نستطيع فى فيزياء النسبية أن نتناول المكان والزمان كل على حدة ، أو أن نخلع طابعا كونيا . ومما سلف نجد العلماء والفلاسفة بعيدون عن الاجماع على رأى قاطع فى الحتمية للعلماء تجاربهم ومعادلاتهم الرياضية وأقوالهم شهادة . قد نلتمس منها التأييد أو المعارضة أو ما بينها من درجات التطرف والاعتدال – أما الفلاسفة أخصائيو الفكر وأصحاب الرأى والأعتقاد بما لديهم من اختصاص فى الفلسفة والتفكير - ففى أقوالهم ما يبرر الحتمية ليست الحتمية المطلقة – ولكن الحتمية المعتدلة دون تجاوز لخيال العقل ومعرفة العلاقات العلية فمرد هذا التجاوز فى عقل الأنسان هو خداع التجاوز فى المكان والتتالى فى الزمان . « فالزمكانى » حرى اليوم أن يغير كثيرا من هذه التصورات وأن أغلب العلماء المعاصرين يتخذون الحتمية المعتدلة مبدأ ، خاصة وبعد الاكتشافات التى مازالت تتوالى تدعمها القوانين الاحصائية الاحتمالية ، التى توفر التنبؤ الدقيق مع السماح أحيانا بأستثناءات قد تكشفها قوانين العلم فى الغد القريب . فالجديد فى العلم تتحكم فيه المعادلات والمعامل بعيدا عن أبراج الفلسفة ، التى تسلطت فى مجراها القديم والحديث على تصورات الحياة اليومية ، وعليها اليوم تجديد معطياتها وتصوراتها فى زمن النسبية لكى تتجه نحو المعرفة الصحيحة بالعالم وتحديد الصلة بين الكون والانسان . على مر الزمن ، إذ من الضرورى بشكل ما أن نغرق المكان والزمن فى متصل رباعى الأبعاد . (زمكان أينشتين أو كون منكوفسكى) حيث يفصل كل باحث راصد وفق طريقته الخاصة مكانه وزمنه ، ولكننا سوف نحدد دائما فى هذا المتصل بدقة موقع كل « الحوادث » التى يكون مجموعها قصة العالم الفيزيائى - سوف تكتب إذا كل حوادث الماضى والحاضر والمستقبل فى هذا الإطار من الزمكان وسوف يراها كل باحث راصد تتتابع واحدة بعد الأخرى كل فى حاضره الخاص وفقا لقوانين صارمة تفسرها معادلات رياضية مجردة

الفصل الثالث
الصدفة والاحتمال

مقدمـــة

- الصدفة عند بعض العلماء فى العصر الحديث .
- الصدفة فى الفيزياء المعاصر « احتمال » .
- الصدفة والضرورة والاحتمال .
- خلاصة الرأى .

الفصل الثالث
الصدفة والأحتمال

يقول أرسطو عن بعض المفكرين السابقين عليه أنهم إما منكر لوجود الصدفة أو قائل بها على نحو غامض . أما المنكرون فانهم إنما يفعلون ذلك لأعتقادهم أن كل ما نعزوه إلى الصدفة والتلقائية له علة محددة فالذهاب إلى السوق مثلا بالصدفة ومقابلة إنسان نرغب فى لقائه ، وإن يكن هذا اللقاء غير متوقع ، أمر يرجع إلى رغبة امرء فى الذهاب إلى السوق والشراء منه وهكذا فى كافة الحالات التى تعزى إلى الصدفة سنجد دائما أن لها علة . ولهذا ذهب بعض المفكرين إلى إنكار الصدفة على هذا الأساس . ولكن على الرغم من ذلك هناك أشياء كثيرة منشؤها ووجودها بالصدفة ، مع معرفة كل انسان أن كافة هذه الأشياء يمكن أن تعزى إلى علة . ولهذا رأينا بعض المفكرين يذهب إلى القول بأن بعض هذه الأشياء تنشأ بالصدفة وبعضها لا صلة لها بالصدفة .

ويؤكد أرسطو أن الفلاسفة الطبيعيين لم يجعلوا الصدفة من بين طائفة العلل التى كانوا يسلمون بها مثل الحب والكراهية والعقل والنار أو ما شابه ذلك ، ويعلل بأنه إما لحسبانهم أنه لا وجود لشىء اسمه الصدفة أو اعتقدوا بوجودها ولكنهم توقفوا عن ذكرها[1] . فمثلا أنباد وقليس يذكر بأن الهواء لا ينفصل دائما فى المناطق العليا بل قد يحدث ذلك صدفة ، ويقول كذلك فى نظرية نشأة الكون بأنه قد حدث أن كانت تسلك هذا السبيل فى ذلك الوقت ولكنها كثيرا ما تسلك غير هذا السبيل . وفى هذه الكلمة الأخيرة التى ساقها أرسطو عن أنباد وقليس يتضح فى الواقع معنى الصدفة عنده بالطريقة التى يريدها أرسطو ، ذلك لأن أرسطو كما سنرى يميز مفهوم الصدفة – وإن يكن تمييزا لما صدقاتها فى الواقع على أساس ما لا يحدث دائما ، ولهذا كانت إشارة أنباد وقليس هامة لأرسطو ، لأنها تحدد جانبا للصدفة ، وهو إن يكن تحديدا عابرا لا يجعل الصدفة علة ، إلا أنه من الجائز أن يكون قد فتح لأرسطو أفقا استفاد منه استفادة طيبة فى نظريته ، يذكر أرسطو بعد ذلك أن أنباد وقليس قال : بأن معظم أعضاء الحيوانات نشأ بالصدفة ، وهذه النصوص التى يسوقها أنباد وقليس تتركز فى الحقيقة حول مدلول معين للصدفة بأعتبارها صفة لشىء لا يحدث دائما ، وليس فى كل الأحوال ، سواء أكان ذلك انفصال الهواء أو نشأة أعضاء الحيوانات

ينتقل أرسطو بعد ذلك فى عرضه التاريخى إلى مفكرين آخرين ، يذكر ديموقريطس ، وأرسطو بالطبع يشير إلى الذريين عامة

(١) محمود أمين العالم فلسفة المصادفة مكتبة الدراسات الفلسفية دار المعارف ١٩٦٩ ص ٥٠ .

يقول أرسطو : هنالك مفكرون آخرون يعزون هذه المنطقة السماوية وكافة العوالم إلى التلقائية ويقولون بأن الحركة الدائرية المستمرة أو الدوامة تنشأ نشأة تلقائية ، والدوامة هي الحركة التي فصلت ونظمت كل ما هو موجود . ويبدى أرسطو دهشته لهذا القول لأنهم يقولون به على الرغم من أنهم يؤكدون أن الصدفة غير مسئولة عن وجود ونشأة الحيوانات والنباتات ، إذ أن الطبيعة أو العقل أو ما شابه ذلك هو علتها .

وينسب إلى (لوقيبوس) أنه قال : لا شيء يحدث بطريقة عشوائية ، بل كل شيء يحدث بعلة وبالضرورة[1] . فالضرورة عند لوقيبوس إذن هي علة حركة الذرات[2] وهي ليست قوة تعسفية وإنما هي العملية الطبيعية للعلة والمعلول . فالذرات إنما تتحرك بحسب قوانين وجودها نفسه ، ولم تعد الدوامة نفسها عنده بغير علة ، أو شكلا من أشكال الحركة التي تفرض من الخارج ، بل واحدة من أشكال الحركة المتعددة ، التي تنجم بطريقة طبيعية عن الحركة الذرية الحرة . فالضرورة عند لوقيبوس هي المظهر الطبيعي للعلية . وفي ضوء هذا ستتبين لنا الدلالة الحقيقة للضرورة عند ديموقريطس . الضرورة هي الفكرة الأساسية في بناء فلسفة ديموقريطس ، فكل شيء مقدر من قبل بالضرورة ، كل شيء كان وكل ما هو كائن وكل ما سوف يكون ، فالحتمية تسود كل شيء كمبدأ أساسي لطبيعة الكون نفسه . كذلك لا شيء يحدث بالصدفة وإنما كل شيء علة محددة .

هنا نعود إلى أرسطو حيث يأخذ في البحث بنفسه عن الصدفة والتلقائية للمعرفة ، ما إذا كانتا متشابهتين أو مختلفتين وكيف يدخلان في تقسيمه للعلل . يبدأ أرسطو بحثه مميزا بين أشياء تحدث على وجه واحد دائما وأخرى تحدث في غالبية الأحيان . ويستبعد مباشرة أن تكون الصدفة علة هذين الصنفين من الأشياء ذلك لأن ما يحدث نتيجة للصدفة لا يمكن أن يتماثل مع أي من هذه الأشياء التي تحدث بالضرورة ودائما ، أو في معظم الأحيان ، وهناك صنف ثالث من الأشياء لا يتكلم عنه بادىء ذي بدء بل يذكره فحسب أنه هو الذي يعزى إلى المصادفة . ويترك هذه النقطة مؤقتا . وينتقل إلى مسألة أخرى ، هي أن هناك أشياء لغرض معين ، وأشياء لا تكون ، ثم يذكر أن الأشياء التي تكون لغرض معين ، يندرج تحتها كل ما يتحقق نتيجة للفكر أو الطبيعة ، والأشياء التي من هذا القبيل أي التي تكون لغرض معين عندما تتحقق بطريقة عرضية يقال عنها أنها بالصدفة وعلى هذا يمكن القول بأن الصدفة هي تحقق قصد تحققا عرضيا غير مقصود ولو ربطنا النقطة الأولى لهذه النقطة الثانية لقلنا أن الصدفة ليست ما يحدث بالضرورة ودائما ، أو في

(١) د. عبد العظيم أنيس الحضارات القديمة واليونانية دار الكاتب العربي ١٩٦٧ ص ٨٥
(٢) د. محمد على أبو ريان تاريخ الفكر الفلسفي الفلسفة اليونانية ص ٩٣

معظم الأحيان ، وإنما هى صنف ثالث غير هذين يتحقق فى صورة مقصودة بطريقة عرضية .

الصدفة إذن كما يقول أرسطو علة عرضية وإن تكن فى مجال تلك الأفعال التى تتحقق بغرض معين وتتضمن القصد وهكذا تتضح أمامنا الصدفة عند أرسطو بمسحة غائية بارزة . إلا أن أرسطو مع جعله الصدفة علة عارضية فقد أشار إلى أن من الضرورى أن تكون علل الأشياء التى تحدث بالصدفة عللا غير محدودة ، وهذا ما يدعو إلى اعتبار أن الصدفة تنتسب إلى صنف اللامحدود وأنها بعيدة المنال على الأنسان ، ذلك أن الأشياء التى تحدث بالصدفة تحدث عرضا ، لأن الصدفة نتيجة لعلل عارضة والعلل العارضة علل غير محدودة ، فالصدفة من ثم غير محدودة . ويؤيد ذلك تفرقة أرسطو بين الصدفة والتلقائية . فأرسطو يقصر الصدفة على القادرين على القصد والتدبير فالجماد والحيوانات الدنيا ، والطفل ليس فى مقدروها القيام بأى شىء بالصدفة لأنها غير قادرة على القصد المريد ، ولهذا كان من الطبيعى أن يقول أرسطو أن الصدفة قد تقع بالضرورة فى مجال الأفعال الأخلاقية ، ويعد كل ما ليس بقادر على فعل أخلاق ليس فى مقدوره أن يفعل شيئا بالصدفة . أما التلقائى فيتحقق للحيوانات الدنيا والكثير من الأشياء الجمادية فنحن نقول أن حصانا قد أقبل تلقائيا لأنه على الرغم من أن قدومه قد نجاه فإنه لم يقدم بقصد النجاه . وهكذا نجد أنه سواء فى الصدفة التى تتحقق فى المجال الأخلاق ، أم التلقائية التى تتحقق فى المجال المادى ، لا يقف الأمر عند حدود العلة العارضة وإنما لا تتم الصدفة أو التلقائية إلا بتحقق القصد غير المقصود .

نستخلص من عرضنا لنظرية أرسطو أن الصدفة لا تنتسب إلى صنف الأشياء التى تتحقق بالضرورة ودائما أو فى معظم الأحوال ، وإنما إلى صنف ثالث يتحقق فى شكل مقصود بطريقة عرضية ، الصدفة والتلقائية إذن علتان عرضيتان لمعلولات يمكن أن تنجم عن القصد والتدبير ولهذا يمكن القول بأنه على الرغم من أن أرسطو جعل الغائية فى مقابل الصدفة ، إلا أنه عزا إلى الصدفة مظهر الغائية .

الصدفة عند بعض العلماء فى العصر الحديث :

إن تاريخ العلم به بعض الأحداث التى وقعت ووصفت عند الحديث عنها بأنها مصادفة ، نذكر منها على سبيل المثال :

١ كشوف **لويجي جلفاني**[1] Luigi Galvani للكهرباء الاستاتيكية عند تشريحه لضفدع

٢ - اكتشاف الأشعة السينية أو أشعة « **رونتجن** » في أنبوبة التفريغ عند دراسته لتيار الالكترونات في

٣ اكتشاف **اللورد** « **رالي** » L.Rayleigh للغازات النادرة بفضل تضافر جهوده مع جهوده العالم الأمريكي **هلبراند** Hillebrand بعد بحوث دامت ثلاثين عاما

٤ - اكتشاف العالم الانجليزي **براون** Brown لظاهرة الحركة البراونية لأي معلق تحت الميكروسكوب وأن اهتزاز المعلق طبيعة باطنية[2] لا تخضع لأي تأثير خارجي .

مما سبق ذكره عن بعض الكشوف العلمية التي اقترنت بحوادث اتفاقية أو بما سمي بالصدفة لم يكن العلماء يحصلون على نفس النتائج بالضبط في كل مرة تجرى فيها التجارب سواء كانت مجرد قياس بسيط جداً ، أو كانت التجربة شديدة التعقيد - ذلك لأن التجارب لا يمكن أن تبلغ حد الكمال ، وكذلك الحال في القائمين بها ومن هنا فان القياسات التي تجرى لابد أن تتفاوت قليلا من مرة إلى أخرى ، رغم كل ما يبذل من محاولات من أجل الأحتفاظ بثبات شروط التجربة ، وقد تكون بعض الفوارق الضئيلة في النتائج راجعة إلى الصدفة وحدها . غير أن بعضها قد يكون أخطاء هامة ناتجة عن خطأ في الطريقة الفنية أو عدم كفاية الضوابط أو أية عوامل أخرى . وإذن فنحن في حاجة إلى وسيلة نحدد بها إن كانت الفوارق التجريبية نتيجة الصدفة أو لها دلالة حقيقية .

الصدفة في الفيزياء المعاصرة « احتمال »

تستخدم الأبحاث العلمية الحديثة التحليلات الأحصائية ويمكن حساب احتمال كون النتائج التجريبية مجرد حوادث إتفاقية أو ناتجة بالصدفة .

والإحصاء هو دراسة رياضية للأحتمال ، وهو أداة فعالة للعلم إلا أن التحليل الإحصائي لا يستطيع أن يفسر لنا التجارب - وكل ما ينبئنا به هو مقدار احتمال تفسير النتائج أصلا ، هذا شيء له أهميته حيث يجعل لدراسة الصدفة أهمية بالغة في العلم .

(١) هو « جلفاني » الطبيب والفسيولوجي الايطالي (١٧٣٥ - ١٧٩٨) ولد ومات في بولونيا ، عين أستاذا للتشريح في جامعة بولونيا عام ١٧٦٢ واشتهر بالتشريح المقارن ، ولكن شهرته ترتكز على نظريته في الكهربائية الاستاتيكية الحيوانية

(٢) في سنة ١٨٢٧ لاحظ عالم فسيولوجيا النبات الانجليزي براون Brown وهو يستخدم ميكروسكوبه بأن بعض الجزيئات المكونة لأي معلق في الماء Suspension في حالة اهتزاز دائم ، ويتحقق ذلك عند استخدام أي سائل غير الماء

ولقد أصبح لحساب الاحتمالات أهمية في مجال الفيزياء الذرية والنووية حيث يضطر العلماء في بحوثهم هذه الجسيمات المتناهية في الصغر إلى التخلي عن أفكار العلية المطلقة كما يصعب كشف العلة ، معلول أو قياسهم . فإن النشاط العشوائي Random activity أو الأتفاق المحض ، يبدو هو التفسير الوحيد الذي يسمح بوضع مفاهيم ناجحة عمليا ، باستخدام أسلوب التحليل الأحصائي[١] الذي يتيح للباحثين وسيلة لتحديد دقة القياسات والدلالة المحتملة للفوارق التي نجدها في التجارب في الحوادث المشاهدة للظواهر الطبيعية كل الشواهد تدل على أن الحادث الواحد يؤدي إلى الآخر ، مما يتيح ظهور سلسلة من الحوادث Chain of events ، هي سلسلة علل ومعلولات يعرفها أولا يعرفها الباحث ، ففي تفاعل كالذي يحدث في القنبلة الذرية تكون سلسلة الحوادث ما يسمى بالتفاعل المتسلسل Chain reaction ، فإذا انشطرت فجأة نواة درية كبيرة غير مستقرة[٢] كنواة اليورانيوم ، يقفز جسيمان سريعان بعيداً عن النواة فإذا اصطدم واحد من هذين الجسمين السريعين بنواة يورانيوم جديدة ، أدى ذلك إلى انشطار هذه النواة ، فيترتب على ذلك انطلاق جسيمين آخرين بسرعة . وهكذا فإن كل جسيم من هؤلاء يمكن أن يؤدي إلى انطلاق جسيمين آخرين . فإذا كانت هذه الجسيمات مكدسة في تنظيم محكم للمادة ، بحيث أن قليلا منها هو الذي يخفق في الأصطدام بنواة ، فإن ذلك يؤدي إلى بدء حدوث تفاعل متسلسل يؤدي إلى اطلاق طاقة هائلة يمكن قياسها كمياً .

قد يتوهم المرء أن عنصر الصدفة له دور محدود أو ليس له دور على الأطلاق في تفاعل متسلسل كذلك الذي تتضمنه الأنفجارات النووية ، فما أن يبدأ سير التفاعل حتى يستمر إلى أن يكتمل بوصفه سلسلة محكمة تماما من حوادث العلة والمعلول . قد يؤدي هذا إلى الاعتقاد بأن الحوادث الطبيعية يمكن تقسيمها إلى تلك التي تحدث بالأحتمال وتلك التي تحدث بالعلة والمعلول – لكي ندرك كيف يرتبط النوعان تحت مفهوم الاحتمال مع استحالة التنبؤ بالوقت الذي ستتفكك فيه أية ذرة بعينها ، ولكن من الممكن التنبؤ بالمستوى العام للإشعاع الذي يحدث في قطعة من الراديوم أو اليورانيوم مؤلفة من ملايين الذرات . وإذن فليس انحلال الراديوم تفاعلا متسلسلا ، وإنما هو سلسلة من الحوادث

(١) Dampier, W., A History of science. 3 rd ed Cambridge Univ. Press 1942 p.235

(٢) Pollard, E & Davidson, Applied nuclear physics. John wiley & sons New York 1942

الفصل الرابع يحوى تفاصيل التفاعل المتسلسل

المستقلة[1] ولابد أن تكون التنبؤات التى تقوم بها مبنية على حساب الاحتمال ولهذه التنبؤات دقة إحصائية كبيرة - ومرد دقتها وإحكامها إلى أنها تنطوى على كثير من الحوادث ذات الاحتمال المتساوى فكلما ازداد عدد الحوادث ، كان سلوكها أكثر اتفاقا مع ذلك الذى نتنبأ له على أساس الاحتمال . فمن الثابت أن الذرات والجزيئات فى حركة مستمرة ، وكلما ازدادت الطاقة الحرارية التى تضاف إلى النظام الذى توجد فيه ، كانت حركتها أسرع وأن حركة الجزيئات لتبدو عشوائية إذ أنها تتصادم بعضها البعض ، ثم تتباعد فى اتجاه وبسرعة تتوقف على الطريقة التى تصادف أن اصطدمت بها ، فكل اصطدام وتباعد هو حادث منفصل يبدو نتيجة لأسباب ، ولكن حيث تكون هناك ملايين عديدة من الجزيئات يتحرك كل منها فى اتجاهات مختلفة فإن الحصيلة النهائية تكون مبنية على الاحتمال .

إن القوانين التى تحكم حركة جزيئات الغاز تحت تأثيرات الحرارة والضغط والحجم مبنية كلها على الأحتمال . الواقع أن ما يحدث فى أى وعاء يحوى غازا ، يمكن أن يفسر بأنه متوسط إحصائى من بين عدد كبير جدا من الحوادث المستقلة – شأنه شأن ما يحدث فى إطار السيارة المنفوخ – ولما كانت جزيئات الغاز لا تختلف كثيراً عن غيرها من الجزيئات فإن ما يحدث فى الأجسام المادية الأخرى يمكن أن يفسر بدوره على أنه حوادث اتفاقية يمكن إحصاؤها بحساب الاحتمالات[2] .

فى حالة التفاعلات الكيمائية عندما تصطدم الجزيئات فإنها قد لا تتباعد ، وإنما يحدث تأثير متبادل من نوع ما ، وقد تبين أن معظم التفاعلات الكيمائية إن لم يكن كلها يكون وصفها على أساس الاحتمالات أفضل بكثير من وصفها على أساس العلية ، لأن ما يجب أن نفعله عند إجراء تفاعلات كيمائية هو تهيئة الشروط الفيزيائية اللازمة لحدوث عدد كبير من التفاعلات بين الجزيئات فى وقت قصير ولكما ازداد احتمال التفاعل – حدث التفاعل الذى نريده بمزيد من السرعة والفعالية .

إذا حاولنا تتبع علاقات العلية داخل جسيمات التفاعل لن يكون مآل المحاولة إلا

(1) Sullivan, J.W., The Bases of modern science. Pelican Books 1939 p.118

(2) لقد نجحت النظرية الحركية للغازات وبفضل الميكانيكا الاحصائية فى الاحاطة بعدد كبير . من الخواص الممكن مشاهدتها للمادة فى حالتها الغازية أو فى حالاتها الجامدة والسائلة – فتوصل العلماء إلى تفسير رائع وقيم لحساب الكمية الديناميكية الحرارية ودرجة التعادل ، راجع الفصل الثانى من البحث

الإحفاق . فأى محاولة لملاحظة أو قياس ما يحدث بين الالكترونيات وغيرها من الجسيمات الذرية المتناهية فى الصغر تتضمن عنصرا من عدم اليقين لا مفر منه وسبب عدم اليقين هذا هو أن الأدوات التى نستخدمها للقيام بالملاحظات تؤدى إلى بعث الإضطراب فى نفس العلاقات التى نحاول قياسها وهذا النوع من عدم اليقين يؤدى إلى ضرورة استخدام حساب الاحتمال بالأسلوب الاحصائى[1] . لقد تأكد للعلماء أن الحركة البروانية والنظرية الحركية للغازات وظاهرة النشاط الإشعاعى ، كتلة موحدة من الظواهر التى لا يمكن تطبيق القوانين الكلاسيكية عليها ولا يحددها إلا المنهج الإحصائى . وهكذا يبدو الأمر لو تعقبنا علاقات الصدفة أو الاتفاق عبر جميع أنواع الظواهر الطبيعية ، وعندما نصل إلى الكيانات الذرية والنووية وما يماثلها نجد الباب موصداً من الداخل . لأنها تمثل موقفا ميتافيزيقا وليس علميا . كما أن فكرة الصدفة مما لا يمكن أختباره تجريبيا أو قياسه وبالتالى لا يمكن أن تصبح جزءاً من العلم الطبيعى . قد تصبح الصدفة مجرد طريقة فى التفكير كجزء من نسق موضوعى للمعرفة الفيزيائية .

إن من المشكوك فيه أن يكون أى كشف علمى قد تم بالصدفة ، صحيح أنه قد تحدث ملاحظة نتيجة لحادث عارض ، غير أن الملاحظة ليست صدفة وإنما هى نتاج لذهن متأهب ويقظ . وقيمة الملاحظة إنما تكون بالنسبة إلى الفرض والتجربة والاستنتجات التى تعقبها ، وإذن فليس للصدفة فى العلم الطبيعى دور ذو شأن . القصة إذن تمتد فى حقيقتها إلى الخطوات المألوفة فى المنهج العلمى وهى الملاحظة والتجربة والاستنتاج وليس ثمة صدفة فيها .

لقد أصبح الأساس الآن لكل التفسيرات الفيزيائية هو حساب الاحتمال . والاحتمال هنا قائم على الاحصاء الرياضى المتضمن لفكرة الصدفة – والصدفة هنا تقابل العلية – فهى هذا ليست بمعنى شيء يحدث لا تعرف علته ، وإنما تعنى تقديراً كميا رياضيا محدداً لوقوع الحوادث . وبذا تصبح الصدفة لا مجرد عبث وإنما تقترب من التعبير المحسوب رياضيا – وتساعدنا قوانين الاحتمالات بهذا المعنى على التفسير والتنبؤ . هذا الموقف لتصور القانون الاحتمالى لم يبدأ عند الكوانتم وإنما نجده فى نظرية مكسويل وفى النظرية الحركية للغازات وقانون بويل وقوانين بلانك فى انبعاث الطاقة وفى كل التفاعلات الكيميائية . على الرغم من النجاح البالغ الذى أصابه حساب الاحتمالات من الناحية التطبيقية فى الفيزياء المعاصرة وفى العلوم

(١) Eddington, Sir Arthur, **The nature of physical world.** Macmillan Co., New York 1933

حيث يحوى الباب الرابع عرضا شائقا لمعنى الاحتمال فى النظرية الحركية للغازات وإمكانية التوصل إلى حساب كمية الطاقة الحرارية .

الطبيعية البيولوجيه (الفيزيولوجي والبكتريولوجي) وفى غير ذلك من أوجه النشاط العلمى . فإن الخلاف مازال حول تفسيره سليما ، وحول دلالته الحقيقية ، ولاشك أن أحد الأسباب الداعية إلى هذا الخلاف ، وضع حساب الأحتمالات نفسه فى منطقة بينيه (وسطى) بين الرياضيات والعلوم التجريبيه حتى يقال عنه أن التجريبين يتصورونه نظريه من النظريات الرياضية على حين أن الرياضيين يتصورون أنه واقعة جريبية

كان الاحتمال معروفا عند الفلاسفة فى الفيزياء الكلاسيكية على أساس أن قوانين العلوم ليس لها يقين الرياضيات والمنطق ، هى احتمالية لكن حين نقرن الاحتمال بالاعتقاد بالحتمية ، ترتفع درجة الاحتمال كما كانوا يعرفون أن حركة كل جسم بشكل مضبوط تحددها مسبقا القوى المؤثرة عليه ، كما أن وضع الجسم وسرعته فى أى لحظة زمنية - بعد ثانية أو دقائق أو سنيين ، ممكنة التحديد إذا ما عرفت القوى ووضع الجسم فى اللحظة التى يبدأ منها حساب الزمن . وفى الفيزياء الحديثة والمعاصرة فإن الحركة البروانية Brownian motion ، والنظرية الحركية للغازات والقانون الثانى للديناميكا الحرارية والتفاعلات المتسلسلة للعناصر الأشعاعية وبعض الظواهر الأخرى الخارجة على الفيزياء التقليدية والتى تتميز بأنها لا تقبل التحديد الفردى لعناصرها وإنما تتحدد بالمنهج الاحصائى وحساب الأحتمالات .

وكانت هذه الظواهر هى بداية الاهتمام العلمى بظاهرة المصادفة كمشكلة فلسفية . كان يظن أنها متضمنة فى موضوعات واكتشافات العلوم الطبيعية . يعتقد أينشتين فى عنصر الصدفة بالمعنى الرياضى الاحصائى والذى يمكننا من الوصول إلى حساب الاحتمال ، فالقوانين الاحصائية عند أينشتين تؤكد الاطراد والنظام فى الكون الموضوعى من ناحية وجوده . ولذلك كان يجاهر بواقعية وموضوعية العالم الخارجى مستقلا عن وسائل إدراك الانسان له . وأنه لا ذاتية فى معرفة هذا العالم

وعلى هذا فإن استخدام الاحتمال فى تحديد هذه الظواهر ليس عجزا انسانيا عن متابعة العناصر الفردية بقدر ما هو طواعية لما تتمايز به هذه الظواهر من تداخل وتشابك وتغاير لا ينقطع . وإنه لمن المفيد أن نفحص الفكرة الشائعة بين الناس عن أن كثيرا من الكشوف العلمية قد ظهرت بمحض الصدفة وما أصدق « سبينوزا » حين قال : « ان القول بالمصادفة اعتراف بنقص المعرفة »[1]

المصادفة والضرورة والاحتمال

يقول أستاذنا الدكتور زكى نجيب محمود أن المصادفة والضرورة كلمتا متضايفتان ،

(١) د توفيق الطويل أسس الفلسفه ص ٢٠٢

بمعنى أن الواحدة منهما لا تفهم إلا مقرونة بالأخرى ، فمعنى المصادفة لا يتبين إلا بالنسبة إلا معنى الضرورة والعكس صحيح كذلك .

الصدفة هي أول مفهوم تناولته نظرية الاحتمالات بالبحث على يدى « باسكال » في النصف الثاني من القرن السابع عشر .

تكون العلاقة بين شيئين « أ » و« ب » من حيث ضرورة الاتصال أو المصادفة إحدى الحالات الثلاث الآتية :

١ - أما أن تقتضي « أ » « ب » بالضرورة - مثال ذلك أن صفة البياض في الشيء تقتضي أن يكون ذلك الشيء ممتدا يشغل حيزا من الفراغ .

٢ - وإما أن « أ » تستبعد « ب » بالضرورة : مثال ذلك أن صفة البياض في الشيء تستبعد أن يكون أخضر في الوقت نفسه .

٣ - وإما وجود « أ » لا يعني شيئا بالنسبة لوجود « ب » : مثال ذلك صفة البياض في الشيء وصفه بكونه مربعا .

في الحالة الأخيرة « أ » لا هي تقتضي بالضرورة وجود صفة « ب » ولا هي تستبعدها بالضرورة وبعبارة أخرى أن وجود « أ » مع وجود « ب » في مثل هذه الحالة يكون مصادفة .

من هذا التعريف لكلمة « مصادفة » يتبين بوضوح أنها كلمة لا تفهم لها معنى إلا بالإضافة إلى سواها فلا معنى للقول أن « ب » من فعل المصادفة إلا إذا نسبناها إلى « أ » وإذا قال قائل عن شيء ما أنه حدث بالمصادفة ، كان بمثابة من يقول : أنه بالنسبة لما أعلمه .

وهذا المعنى النسبي لكلمة « مصادفة » يبين لنا خطأ الذين يقابلون بين المصادفة والحتمية مقابلة الضدين ، فالقول أن ب مصادفة ، ليس معناه أنها كذلك في كل الظروف وبالنسبة لكل شيء على الأطلاق بل معناه أنها مصادفة بالنسبة لشيء آخر « أ » لكنها في الوقت نفسه قد تكون محتومة بالنسبة لشيء ثالث « جـ » .

إن المصادفة لا تتنافى مع الحتمية إلا إذا كان كل حقائق الوجود وحوادثه مستقلة احداهما عن الأخرى ، ولكن الواقع غير ذلك - إذ من حقائق الوجود ما يقتضي بالضرورة حقائق أخرى ، وإذن المصادفة والحتمية لا يتناقضان ، أى أن الحادثة الواحدة المعينة قد تكون مصادفة بالنسبة لشيء ، وحقيقة بالنسبة لشيء آخر .

(١) د. زكي نجيب محمود : المنطق الوضعي - الانجلو ١٩٦١ ص ٣٣٨

خلاصة الرأى :

الصدفة فى اللغة تعنى ما يجده الأنسان فجأه ودون توقع - صادفت فلانا وجدته دون احتساب أو توقع . قد تصور اكتشافات العلم أحيانا كأنها عمل جاء الناس عفوا ، ووقعت حقائقه بين أيدى الناس مصادفة ، لاشك أن هناك فكرة تشيع بين الناس عن العلم ، هى أن كثيرا من الكشوف العلمية قد ظهرت بمحض الصدفة ونتيجة لهذا يقف الأنسان العادى فى الكثير من الأحوال حائرا ينظر لا يدرى ما حقيقة الدور الذى تلعبه المصادفة ، أو ما يتراءى أنه المصادفة فى تقدم العلم وهذا يصدق على الأخص فيما ينشأ من طرائق للبحث جديدة .

إن بعض الملاحظات التى تأتى فيما يقال مصادفة قد تؤدى إلى أجراء سلسلة من التجارب تؤدى إلى كشوف جديدة ، يكاد العلماء المعاصرون يجمعون على أن فكرة الأستثناء أو الصدفة وليدة الجهل بالقوانين ، إذ لا يلجأ المرء إلى تفسير وقوع بعض الحوادث بالصدفة إلا عندما يتبين له عجزه عن تفسير ما يرى . وحينئذ ليست الصدفة إلا مقياسا للجهل أو ظاهرة نجهل بعض ظروفها ، ويدل على ذلك أن ما يعده الجاهل صدفة ليس كذلك فى نظر العالم . هناك ظواهر مازلنا نجهل قوانينها ، ولا نستطيع تفسيرها ولا التنبؤ بحدوثها . بهذا المعنى تكون الصدفة[1] مرادفة للجهل . وهناك ظواهر أخرى نعلم شيئا عن شروط وجودها وأنها محتملة الوقوع ، وأنه من المستطاع أن نتنبأ على نحو تقريبى من الدقة ، وذلك بأستخدام حساب الاحتمالات ، فهو الوسيلة الوحيدة لمعرفة كون النتائج التجريبية مجرد حوادث اتفاقية أو ناتجة بالصدفة ، ولقد أصبح لحساب الأحتمالات أهمية كبرى فى مجال العلوم الطبيعية وفى تشكيل المعرفة العلمية خاصة فى البحوث المتعلقة بالفيزياء الذرية والفيزياء الفلكية .

عندما يضطر العلماء للتخلى عن العلية لعدم إمكانهم كشف العلة والمعلول أو قياسهما . أحيانا تفهم الصدفة بحسبها طرفا يقابل الضرورة — فالشىء إما ضرورى أو حدث صدفة وما يمكن أن يخضع للقوانين يعد ضروريا وما لا يمكن أخضاعه يعد مصادفة أو عرضا والمصادفة والعرض بمعنى واحد[2] . وكل الأشياء فى الكون تنظمها قوانين وإن يكن علمنا بهذا النظام الكونى علما محدودا ، ولهذا فنحن نعزو إلى الصدفة ما خفيت

(١) الصدفة هى التصور المقابل للعلية وهى تعنى أن كثيرا من الظواهر والحوادث بلا علل ولا يمكن تفسيرها ويصعب التنبؤ بمقدمها

راجع : د. محمود فهمى زيدان **علم الطبيعة المعاصر**

(٢) د. فؤاد زكريا : أسبينوزا دار النهضه العربية ص ١١٨

ضرورته عنا ، الصدفة إذن ليست إلا علة وهمية ابتدعها جهلنا هذا إلى جانب أن الوقائع التى نعزوها إلى الصدفة تختلف باختلاف الأزمنة وباختلاف الأفراد - فما هو صدفة عند الأنسان الذى لا يعلم ليس بالضرورة مصادفة عند من يعلم ، وما هو مصادفة اليوم من الممكن أن لا يكون كذلك غدا ، وإذا كانت الصدفة إذن نتيجة لعدم كفاية المعرفة على حد تعبير « أسبينوزا » فانها تختفى كلما زادت المعرفة وكلما أتسع نطاقها وتعمقت جذورها .

يقول الأستاذ « آير »[١] أن كلمة الصدفة تستخدم فحسب ، للتعبير عن جهلنا بالعلل الحقيقية ، إلا أنه جهل مؤقت – إذ أن استدامة البحث تؤدى إلى إزاحة العماء عن وجه الصدفة واستبعادها بتكشف علتها وضرورتها المجهولة ، وعلى هذا فليس قانون العلية الكلية إلا تعبير عن محاولة متصلة لتضييق مجال ما يبدو أنه حوادث مصادفة ، وأن الصدفة فى الحقيقة لا وجود لها على الأقل وجودا خارجيا موضوعيا ، فهى لا تخرج عن أن تكون أثرا نفسيا – وذلك لأن جهلنا بالعلل الحقيقية للحوادث يؤثر على نفوسنا تأثيراً نعزوه نحن إلى المصادفة – وعلى هذا فهى ليست صفة موضوعية للحوادث ، وإنما هى صفة ذاتية تنشأ لدينا كشعور تستثيره بعض الحوادث تتميز بالفجاءة وعدم التوقع ، ولذا من الممكن إقامة علاقة وثيقة بين الصدفة وكل ما يتجاوز الطبيعة أو ما نسميه بالخارق على الطبيعة أو المعجزة سواء فى الطبيعة الخارجية أو فى داخل ذواتنا الحية .

الصدفة إذن هى كل دخيل على القوانين والنظام فى حدود ما يتركه ذلك فى نفوسنا من أستشعار بالفجاءة والتلقائية والجدة ، أو هى المنحنى الجديد المفاجىء الذى تتخذه النفس ازاء التقاء بين ملابسات خارجية كانت أو باطنة .

وأن المصادفة والحتمية لا يتناقضان – إن أى حادثة يمكن أن نصفها بالمصادفة بالنسبة لشىء هى حتمية بالنسبة لشىء آخر .

(١) Ayer, The Fundation of Emprical Knowledge, Macmillan Co., 1940 p.219

(٢) محمود أمين العالم . فلسفة المصادفة - مكتبة الدراسات الفلسفية دار المعارف ١٩٦٩ ص ٣٤

الفصل الرابع
مشكلة الموضوعية والذاتية

- مقدمـــة
- الموضوعية وأسس البحث العلمى فى العلوم الطبيعية .

١ – الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث .
٢ – القياس وموضوعية العلم .
٣ – التجربة ودورها فى كشف القوانين الطبيعية..
٤ – العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية .
٥ – النظريات الفيزيائية فروض تتطور .
٦ – وحدة الكون والمفاهيم الشاملة فى النظريات والقوانين الطبيعية .
٧ – النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة وليست مطلقة الصدق .
٨ – الذاتية فى العلم .

مشكلة الموضوعية والذاتية

جرت العادة على تقسيم دراسة الفيزياء إلى ميكانيكا وحرارة وصوت وكهرباء ومغناطيسية وضوء[1] وهذه الفروع كانت بمثابة غرف محكمة الاغلاق تقريبا حتى أوائل القرن العشرين إلا أن استقلالها بدأ فى الانهيار - وأصبحت تعتمد فى وجودها على ما حققته الفيزياء الذرية والنووية من نشاط - لكى نبرز مشكلة الموضوعية والذاتية فى اتجاهات الفكر الفيزيائى المعاصر لابد من تلمس فكرة موحدة صالحة للبناء عليها - أكثر من مجرد الأحاطة بكل جزء منها بمفرده - كان مجال الطبيعة الذرية والجسيمية للمادة هى أكثر الأفكار ارتباطا وانتشارا فى العلم الحديث فى توضيح التركيب البنائى المنطقى لعلم الفيزياء . ولا غرابة فى تحكمها وسيطرتها على الفكر الفيزيائى الحديث . الذرة فكرة محددة ولكن تركيبها يلازمه الغموض ، لأنه لا يمكن ادراك جسيمات أو دقائق العلم الحديث بالحس المباشر ، ولا يمكن الإلمام بصفاتها إلا بعد تجارب متنوعة كثيرة ، ولكل جسيم خصائص كثيرة مستنبطة ؛ فالالكترون وحده ميكانيكية كهربيّة ضوئية معقدة التركيب ولكنه مماثل من كل الوجوه لكل إلكترون فى بلايين بلايين الجزيئات فى كل جرام من المادة فى الكون .

ان القوانين المألوفة فى الدراسات الأساسية للميكانيكا والكهرباء والضوء هى التى مهدت الطرق لاكتشاف الفيزياء الحديثة ووصف جسيماتها أو دقائقها ، وهذه الدقائق هى التى بدورها تسبغ فهماً حقيقيا على تركيب المادة وعلى طبيعة وسلوك كل من الكهرباء والحرارة والضوء بل وعلى الدراسات الأخرى التى جرى العرف على إدماجها فى علم الفيزياء .

تتميز العلوم الفيزيائية بثلاث خصائص مجتمعة أولاها استخدام منهج البحث التجريبى[2] (الاستقرائى) وثانيها اقتصار موضوع دراساته على الظواهر الطبيعية الجزئية وثالثها توصل دراساته التجريبية إلى إصدار قوانين تكشف عن ارتباط الظواهر بعضها والبعض الآخر . والكشف عما يقوم بينها من تتابع ودلالات نسبية والصعود إلى إصدار أحكام وصفية موضوعية على هذه الوقائع ، هى قوانين العلم ، وأهم ما يميز هذه الدراسة .

(١) **Shapley, H; Reading in physical science, George Allen London, 1048 p.301**

(٢) يسمى هذا المنهج تقليديا باسم المنهج الاستقرائى **Inductive** ، كما يسمى حديثا باسم المنهج الفرضى **Hypothetical** ، أو العلمى **Scientific** .

راجع د. عزمى اسلام **مقدمة لفلسفة العلوم** مكتبة سعيد رأفت ١٩٧٧ ص ٥٠

العلمية النزعة الموضوعية Objectivity ، التى تقتضى اقصاء الخبرة الذاتية والتزام الحيدة واستبعاد الذات Subjectelimination بمعنى توخى النزاهة Disinterestedness والتزام الحيدة واستبعاد الاعتبارات الشخصية كالشهرة أو العقيدة الدينية أو الفكرة القومية وتجريد النفس ما استطاع الباحث إلى ذلك سبيلا . مع صياغة هذه القوانين فى صورة رياضية مجردة تحقيقا لدقة الوصف واختصارا لنتائج الدراسات فى بضعة معادلات رمزية ومن هنا تبدو أهمية الأجهزة والمقاييس المعيارية التى تسجل نتائج البحث .

الموضوعية وأسس البحث العلمى فى العلوم الطبيعية :

المقصود بالموضوعية الابتعاد عن ادخال العناصر الذاتية فى تسجيل الظواهر الطبيعية أحببنا أو كرهنا[1] ، وحيث أنه لا يوجد سلوك معين ثابت فى البحث العلمي فى العلوم الطبيعية - ولا يوجد كتاب مقدس يتبع الباحث تعاليمه حرفيا ، إلا أن هناك مبادىء أساسية للإجراءات المتبعة فى دراسة العالم الفيزيائى ، وهى المتعلقة بالشىء الملاحظ أو المشاهد (الموضوع) ، وهذه يمكن التعرف عليها ولو بطريقة أولية تحت الموضوعات الآتية :

١ - الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث .
٢ - القياس وموضوعية العلم .
٣ - التجربة ودورها فى كشف القوانين الطبيعية .
٤ - العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية .
٥ - النظريات الفيزيائية فروض تتطور .
٦ - وحدة الكون والمفاهيم الشاملة فى النظريات والقوانين الطبيعية .
٧ - النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة . وليست مطلقة الصدق .
٨ - الذاتية فى العلم .

ليس المقصود من هذا أن المشتغل بالعلم يستخدم هذه الموضوعات كقائمة حساب يعرف بها مقدار تقدمه فى بحثه ، لأنه غالبا ما يكون مشغولا بطور بسيط من أطوار نمو موضوع يحجب عنه فى الوقت نفسه اهتمامه بالأطوار الأخرى المكملة للصورة .

من الجدير بالاهتمام أن أصف باسهاب تلك المبادىء الأساسية لتلك الاجراءات العلمية المتعلقة بالناحية التى ترجح كفة الموضوعية للعلم الفيزيائى .

(١) د. محمود فهمى زيدان : **الاستقراء والمنهج العلمى** ص ١٣٧

١ الملاحظة ترابط مجموعة من الحوادث :

تختص العلوم الطبيعية بظواهر الطبيعة - هذه الظواهر يشترك فيها جميع الناس على السواء ، وتكون فى مجموعها ما يسمى بالتجربة الموضوعية ، ووضع حد فاصل بين العالم الموضوعي والعالم الذاتى قد يكون من المسائل الصعبة فيما يسمى بالفلسفة البحته ، ولكن من النادر أن يصادف المشتغل بالعلم مشكلة من هذا القبيل ، فمن المتفق عليه بصفة عامة أن حواسنا تحمل الينا أعمال الدنيا المحيطة بنا ، وتسمى هده المعلومات (ملاحظات) أو (مشاهدات) هى التى تسترعى النظر فى العلوم الطبيعية ، فالعلم مقصور على وصف الطبيعة خلال الملاحظات ، أما المسائل التى لا يمكن اخضاعها لمظاهر قابلة للملاحظة فهى تخرج عن حدوده مهما كانت شائقة أو أساسية . على أساس هذا التعريف يمكن اعتبار الملاحظة حادثا أو حوادث تحملها الينا الحواس فهى توجيه الحواس للانتباه إلى ظاهرة معينة أو مجموعة من الظواهر رغبة فى الكشف عن صفاتها أو خصائصها توصلا إلى كسب معرفة جديدة عنها[1] . وقد تكون الملاحظة خاصة للأدراك الحسى المباشر ، كما قد تحتاج إلى جهاز أو عامل وسيط ، والوسيلة الأخيرة أكثر انتشارا فى علم الطبيعة الحديث ، وقد ساعدت التحسينات العظيمة التى أدخلت على الأجهزة العلمية ، على اتساع نطاق الملاحظة ، بل ضاعفتها مرات كثيرة ، فالمنظار (التلكسوب)[2] الحديث يمكننا من رؤية آلاف النجوم الخافتة ، التى لا ترى بالعين ، بل ونتمكن من تصويرها — لن أميز فى هذه اللحظات بين المشاهدة المباشرة ، والمشاهدة عن طريق وسيط ، ومعنى ذلك أن وضع جهاز فى الطريق لا يؤثر على حقيقة المشاهدة .

عندما كان العلم يحبو ، وقبل عصر الأجهزة والوسائل العلمية ، كانت المشاهدات ترى وتسمع مباشرة ، ولاشك أن حركة الأجسام وتشكيلات النجوم وأوضاع الأجسام الأرضية قد شغلت ذهن المشتغل القديم بالعلم ، وجعلته من باب الروح العلمية يصنف تجاربه ، ويعمم منها ما أمكن تعميمه ولابد أن يكون قد اتضح له من عمليتى التصنيف والتعميم منذ فجر التاريخ أن هناك علاقات بين مجموعة الملاحظات أو المشاهدات .

٢ — القياس وموضوعية العلم :

ربما كانت أبسط علاقة فى الطبيعة هى العلاقة الوصفية بين الملاحظات ، الشمس تشرق ثم تغرب يوميا ، وكل الأجسام تسقط بفعل الجاذبية ، والماء من تلقاء ذاته يجرى

---

(١) نفس المرجع السابق ص ٤٥ — ٤٧

(٢) التلسكوب (المقرب) : اخترعه جاليليو وهو جهاز لتقريب الكيانات البعيدة فى حين أن الميكروسكوب هو جهاز لتكبير الكيانات المتناهية فى الصغر خاصة فى مجال الخلية .

للاستطراق ، ألخ مثل هذه العلاقات بين الملاحظات أمر معروف ومقبول وشائع لدرجة يصعب معها اعتبارها جزءا من العلم ، إن الجهود العلمية تسمو فوق مجرد تدوين أوصاف الحوادث واتجاهاتها ، إذ لابد أن تخضع الملاحظات للقياس وأن تكون هناك أرقام تدل على حجمها ومقدارها

ولطريقة القياس وجهان : أولهما اختيار الوحدة أو المعيار الخاص بنوع الملاحظة ، ثم استخدام طريقة فيزيائية لتعيين عدد يمثل عدد الوحدات التى تشملها الملاحظة ، ومن الواضح أن ذكر الرقم وحده ، دون إلحاقه بوحدة لا معنى له كتقرير عن الملاحظة فهو لا يخرج عن كونه مجرد رمز للعدد ، وعلى ذلك فالمشتغل بالعلم يتخذ كل وسيلة سواء فى ميدان العلوم الطبيعية عامة أو ميدان الفيزيائية خاصة ، أن القياس الذى أجراه هو عيارى بالمعنى الصحيح ، لا يتغير مع الزمن أو مع تغيير أماكن القياس وحيث أن قياس كل نوع من أنواع الملاحظات قد يحتاج إلى وحدة خاصة به فلابد أنه يوجد فى علم الفيزياء عدد كبير من هذه الوحدات محددة بدقة تبعا لمعايير اتفق عليها على مر السنين ولقد أستقر الرأى على أن تكون الملاحظات الأساسية المقيسة هى الطول والكتلة والزمن بنظامين أحدهما فرنسى والآخر إنجليزى .

والوحدات الأساسية للقياس فى النظام الفرنسى هى السنتيمتر للطول[1] والجرام للكتلة والثانية[2] للزمن ويطلق عادة على هذا النظام اسم نظام سنتيمتر جرام ثانية .

أما الوحدات الأساسية للقياس فى النظام الأنجليزى فهى القدم للطول والرطل للكتلة والثانية أيضا للزمن ويطلق عادة على هذا النظام اسم (قدم / رطل / ثانية) وميزة التمسك بهذين النظامين الفرنسى والانجليزى ترجع إلى قدرة أى انسان على اشتقاق وحدات أخرى أكبر أو أصغر كما أن استخدامها ضمان لوضع الوحدة السليمة لأية كمية نصادفها فى أية علاقات معقدة بين الملاحظات ، من أمثلة الوحدات المستخدمة فى القياس فى الدراسات الفيزيائية[3] الكهربية الداين Dyne والأرج Erg والأوم Ohm والفولت Volt والأمبير Ampier وغيرها .

---

(١) المتر = ١٠٠ سنتيمتر ، والسنتيمتر = ١٠ ملليمتر ، والملليمتر = ١٠٠٠ ميكهرون
والميكرون = ١٠٠٠ ملليميكرون ، والملليميكرون = ١٠٠٠ ماكروملليميكرون
والماكروملليميكرون = ١٠٠٠ ميكروملليميكرون

(٢) الساعة = ٦٠ دقيقة ، والدقيقة = ٦٠ ثانية ، والثانية = ١٠٠٠ مللى ثانية أالخ

(٣) الداين ، وحدة قياس القوة
الأرج وحدة قياس الشغل أو الطاقة

والداين فى القاهرة هو بعينه نفس وحدة القياس المستخدمة فى لندن وغيرها ، والداين هو تلك القوة التى تؤدى إلى عجلة Acceleration مقدارها سنتيمتر فى الثانية فى جرام واحد من المادة - من المؤكد أنه لو كان كل باحث أو كل جماعة من العلماء يضعون معايير مستقلة للقياس لدبت الفوضى فى العلم ولضاق نطاقه إلى أبعد حد لصعوبة تبادل نتائج الأبحاث الكمية ولذلك فإن نجاح العلوم الفيزيائية فى كشف الظواهر الطبيعية بلغ من الضخامة حداً بسبب البناء الهائل من المعارف المقيسة كميا والتى يسهل تبادلها فينمو العلم وتزداد المعرفة بموضوعيتها . يرجع ذلك إلى وحدة المفاهيم الأساسية فى الفيزياء ألا وهى وحدات المسافة والكتلة ووحدات القياس الزمنى .

يحاول المشتغلون بالعلوم قياسها بدقة كلما أمكن ذلك – والأجهزة الفيزيائية الحديثة تساعد فى تحديد الفرق بين فترات الزمن حتى لو كان هذا الفرق عبارة عن واحد على المليون من الثانية والموازيين الالكترونية يمكن أن تحدد وزن أصغر جزء محسوس من أى مادة بكل دقة .

إن فلاسفة العلم وهم يحاولون تحديد جانب الموضوعية فى التفكير العلمى تصادفهم صعاب كثيرة لأنه مادام الأنسان هو نفسه أداة الإدراك بما لديه من أعضاء للحس ومن منطق العقل فكيف يمكن أن يجرد الموقف الموضوع للبحث من ذاته البشرية بكل ما فيها ؟ هنالك حدود ذاتية لما ندركه – مما يجعل الموضوعية المطلوبة ناقصة – لكن هذا لا يمنع من أن نشترط للتفكير العلمى موضوعية بقدر مستطاع البشر وذلك عن طريق التطور العلمى والأرتقاء بالأجهزة العلمية مما يزيد من الدقة فى القياس أثناء التجربة والملاحظة . إصطلح فلاسفة العلم على أن الحقيقة العلمية موضوعية بمعنى أن يشارك فى إدراكها كل أشخاص الإختصاص – لا ينفرد بها بعض دون بعض بحجة أن لهم حاسة سادسة يتمتعون بها دون سواهم – أو أن لهم بصيرة ينفردون بها ، أو أنهم يدركون الحقائق بقلوبهم قبل عقولهم .. وما إلى ذلك من أقوال .

ويتميز أسلوب التفكير العلمى الموضوعى ، فى العلوم المضبوطة المتقدمة مثل الفيزياء بأنها ذات جفاف فى مصطلحها . لذا تستخدم الرموز الدالة وحدها دون إضافة يراد بها الأشارة إلى ما يختلج به فؤاد الباحث العلمي – حيث التفكير العلمى نشاط مقصود يهدف

= الأوم وحدة قياس المقاومة الكهربائية

الفولت وحدة قياس فرق الجهد الكهربائى

الأمبير وحدة قياس شدة التيار

راجع : Stanley. D. Beck, The simplicity of science p.116

العالم من ورائه إلى دراسة ظواهر معينة بغرض تفسيرها ، والتوصل إلى قوانين عامة تحكم إطرادها ، كما يتصف التفكير العلمي بالدقة والضبط فى العبارات الكمية ، فهى أكثر دقة ومعيار صحتها يتوقف على الأجهزة المستخدمة للقياس(١)

من أحسن الأمثلة للأجهزة المستخدمة فى القياس الترمومتر - وهو كأداة للقياس عندما أخترعت أثرت تأثيراً هائلا فى موضوعية الفكر العلمي وفى تقدمه - ما كاد يخرج إلى بحاث ذلك الزمن أداة لقياس الحرارة حتى تطورت الأحداث - إن القارىء فى أى كتاب فيزياء عامة يجد فيه حتما فكرتين علميتين بسيطتين هما الحرارة النوعية والحرارة الكامنة وهما معنيان لا يفهمان إلا فى ضوء علاقة لهما بأداة للقياس تعرف بالترمومتر - إن إصطلاح (فى درجة حرارة) يمكن تلخيص تاريخه الطويل فى سطور فنقول أنه نشأ من المعنى العادى المهم الذى يقع فى نفس المرء إذا هو أحس شيئا أحر من شيء أو شيئا أبرد من شيء - فهذه الحاسة التى أودعت الجسم الانسانى فجعلته قادراً على التمييز بين الماء الساخن والماء البارد هي من الأسس التى بنى عليها معنى درجة الحرارة فى قصة تاريخها .

هناك من المشاهدات الإنسانية التى لا تتصل باللمس شاركت فى بناء هذا المعنى ، من ذلك أثر النار الذى يجعل الماء يغلى وأثر النار فيما تمسه من الأشياء ، كأثرها فى صناعة الزجاج وصهر المعادن .

وكذلك اللون الطارىء على الأشياء بزيادة تسخينها(١) ، كأن يصير الحديد بذلك أحمر أو أبيض وكل هذه مشاهدات بمعنى النار .

والترمومترات وهى مقاييس هذا المعنى (معنى درجة الحرارة) إن الفكرة التى تربط المعنى الذى نفهمه اليوم من الحرارة بمعنى جسم مادى ، فكرة فى التاريخ عتيقة - فالصورة التى صورها أرسطو عن الكون تلك التى سادت الفكر الأوروبى إلى القرن الرابع عشر تضمنت وفق أسلوبها تلك الظواهر التى ترتبط بمعنى النار ، ومعنى البارد والحار من الأشياء ، ولن أقف هنا لأشرح كيف تتأول عناصر أرسطو الأربعة من تراب وهواء ونار وماء ، لتلتقى بمعنى الغليان والانصهار والتجمد والاحتراق ولو أن أى تحليل

---

(١) Joad. C. E. M., **Philosophical aspects of Modern science, unwin, London. 1943**

الأبواب ٨ - ١١ بها عرض لعالمية المعايير المستخدمة فى العلوم الطبيعية

(٢) من تفسير تلك الحقيقة البسيطة ، إحمرار المعدن عند تسخينه ثم تحوله إلى البرتقالى فالأصفر فالأبيض المتوهج - تولدت ونمت نظرية الكوانتم عام ١٩٠٠م

دقيق لمعانى الحرارة ودرجة الحرارة لا يمكنه أن يغفل هذه الآراء التى سادت باقتدار – هذه الأحقاب الطويلة من التاريخ . إن فى العلم نظريات عديدة - والنظريات أهمية كبرى لأنها محاولات لإدخال وقائع كثيرة فى إطار واحد مقنع للعقل تماما كما نركب قطع اللعبة الخشبية من أجل تكوين منزل أو حديقة أو أى بناء آخر .

والنظريات الفيزيائية المعاصرة تقدم إلينا وسيلة لتكوين مفاهيم ناجحة وسبيلا إلى فهم العالم الذى نعيش فيه على نحو يزداد على الدوام تقدما . فإذا صمدت هذه النظريات أو أى نظرية علمية أخرى لاختبار تجارب مختلفة الأنواع خلال فترة طويلة من الزمان أصبحت ثابتة كمبدأ – رغم أن هناك عدة قوانين فى الفيزياء كقانون بقاء المادة والطاقة وقوانين الغازات وقوانين الحركة وغيرها لم تثبت على الدوام – ومع ذلك فقد يحدث أحيانا أن تظهر كشوف جديدة تهدم تماما قانونا قديما . معنى هذا أن أقوى النظريات المدعمة فى موضوع معين قد لا تكون هى ذاتها الكلمة الأخيرة التى تقال فى هذا الموضوع .

لابد وأن يكون العلم الفيزيائى موضوعيا حيث يرتكز على أقل قدر ممكن من التفسير الشخصى الذاتى ويقوم على أساس يمكن أن يتفق عليه الجميع – فالقياسات الدقيقة تبعا لمقياس معيارى وعالمى[1] يفهمه الجميع تؤدى إلى استبعاد شخصية القائم بالملاحظة وتتيح الأساس الموضوعى ، فالعلم نوع محدود من المعرفة – وهذا التحدد ينشأ من الشروط الدقيقة الصارمة التى يفرضها منهج التفكير العلمى .

فالباحث فى دراسته لعالم الطبيعة – يتولى القيام بقياس العلاقات والعمليات وأوجه النشاط للظاهرة ، والقياسات هى كميات تجرد من الأشياء والحوادث موضوع الدرس وتتخذ أساسا مقيدا قابلا للفهم ، وذلك لكى يكون هناك واقع موضوعى قابل للمعرفة ، يمكن أن يتفق عليه الناس جميعا – فلابد للباحث من ارجاع الحركة واتجاهاتها وسرعاتها إلى الأنظمة الكمية كمجموعات من الأقيسة ، فالحقيقة العلمية هى حقيقة من العلاقات الكمية ، وهى عالم من قراءات المؤشرات على أجهزة القياس .

---

(١) اللورد كلفن Kelvin (١٨٢٤ - ١٩٠٧) هو وليم طومسون – نال اللوردية فسمى اللورد كلفن رياضى وفيزيائى – كان أستاذا للفلسفة الطبيعية فى جلاسجو من عام ١٨٤٦ – ١٨٩٩ أى ٥٣ عاما يقول : أكبر الكشوف العلمية ما كانت إلا ثمرة ما أنفق فيها من قياس دقيق – ويقول أيضا « إذا استطعت أن تقيس ما تتحدث عنه بالأرقام فأنت تعلم عنه شيئا ، وإذا لم تستطع أن تقيسه ، أو أن تعبر عنه بالأرقام فإن معرفتك من نوع هزيل غير مرضى ، قد تكون هذه بداية معرفة ، ولكنك لن تكون قد بلغت تفكيرك مرحلة العلم

وقد تلاحظ أنه من الممكن القيام بقياس كمي لبعض الأشياء التى نعتقد فى العادة أنها كيفية لكى توضع فى إطار العلم فكيفيات اللون والصوت والصلابة والشكل والكثافة وكثير غيرها ، هى بعض الصفات التى يمكن قياسها ، مثلما يمكن قياس صفات الثقل والحجم والزمن . وحتى صفات الألوان الكيفية أمكن تحويلها إلى صفات كمية فالأحمر بدرجاته – وأى لون آخر قد لا تستطيع العين إدراك الفروق الطفيفة – مثلا بين صفتى الزرقة أو الإخضرار – لكن باستخدام جهاز قياس الضوء الطيفى Spectrophotometer وقراءة المؤشرات الكمية يمكن التعامل مع الألوان كميا ورياضيا[١] . وهنا جوهر الموضوعية فى الدراسات الفيزيائية الضوئية ، وبالتالى فإن من أهم خصائص العلوم الطبيعية – النزوع إلى « التكميم » Qantification أى تحويل الصفات والكيفيات إلى مقادير كمية . فإذا تعرض الباحث فى الحرارة حولها إلى موجات حرارية وإذا تعرض لدراسة الضوء أرجعه إلى طول الموجات وقصرها أو نظر إلى اللون وأحاله بالأجهزة إلى موجات تقاس ... وهلم جرا ...

من أجل هذا كلف العلم بالقياس والوزن واخترعت تيسيرا لأبحاثه الآلات والأجهزة والمعدات .

٣ – التجربة ودورها فى كشف القوانين الطبيعية :

فى علم الفيزياء ، كما فى كثير من العلوم الطبيعية الأخرى – تجمع الملاحظات بشكل تحررى وبكيفية تساعد على البناء المنطقى للعلم – وعملية جمع المعلومات تسمى التجربة أو الطريقة التجريبية ويمكن تعريف التجربة[٢] بأنها ملاحظة ظاهرة ما أو مجموعة من الظواهر ملاحظة مقصودة تتضمن تغيير بعض الظروف الطبيعية التى تحدث فيها تلك الظاهرة رغبة فى الوصول إلى صفاتها أو خصائصها التى لا يكون فى مستطاع الباحث الوصول إليها بمجرد الملاحظة دون تعديل فى ظروفها الطبيعية . وقد اكتسبت هذه الطريقة الثقة والسمعة بأنها أداة البحث العلمي وهى فى أصلها بسيطة للغاية تتلخص أصولها فى فصل نظام فيزيائى عما يحيط به من التأثيرات الخارجية التى يكون بعضها معلوما وبعضها يشك فى وجوده ، ثم يغير الباحث حسب الإرادة إحدى المشاهدات أو بعضا منها فى النظام ويقيس أى عملية تنتج عن هذا الأجراء وتكمن قوة هذه الطريقة فى أن العمليات الناتجة تبين أرتباطها بالمشاهدات التى عدلتها التجربة أو الباحث ، ومن هنا ينشأ الأنتباه

(١) Stanley. D. Beck, The simplicity of Science. p.115

(٢) د. محمود فهمى زيدان : **الاستقراء والمنهج العلمي** ص ٤٥

بأن ثمة علاقة فيزيائية لابد وأن توجد ، والأكثر من هذا الشكل الرياضي الذى تأخذه هذه العلاقة ، يمكن الوصول إليه بطريقة وضعية بتغيير ظروف التجربة بكيفية منظمة وملاحظة النتيجة وهذا الإجراء هو الأداة الفعالة المقنعة لكشف مغاليق الطبيعة مثلاً قد نرغب فى معرفة العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه ، لفصل الغاز لابد من حصره فى محتوى يمكن قياس حجمه ، ولعزل التأثيرات الخارجية ، لابد أن نتأكد من أن الأناء لا يتسرب منه الغاز ، وأن مادته من نوع لا يتفاعل كيميائيا مع الغاز المحصور . وأن درجة حرارة الغاز تظل ثابته ، وأن التركيب الجزيئى للغاز لا يتغير أثناء التجربة وهكذا ، بعد هذا قد نتمكن من معرفة العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه بتغيير ضغط الغاز بطريقة منتظمة وملاحظة الحجم فى كل حالة (قانون بويل) . فى هذا المقام وقبل كل شيء لابد من اجراء التجربة بدقة وكفاية ثم أنه لابد وأن نهيىء علاقة علية محتملة بين المؤثر والنتيجة . وهذا نوع من الإجراء الفنى والتدريب فى تصميم جهاز البحث للنظام الفيزيائى ، كما ولابد أن يدقق الباحث ويجتهد فى إعادة ترتيب الملاحظات ومراجعة العوامل الخارجية المؤثرة عند كل مرحلة ، وبديهى أن هذه الاجراءات تستغرق وقتا ، وكثيرا ما يبدأ الباحث بدءا غير سليم ، كما أنه كثيراً ما تصادفه صعوبات غير منتظره عليه أن يحلها فى صبر إذا أراد التقدم فى أى تجربة .

هناك أمر أكثر خطورة يتعلق بتعيين التجربة المناسبة الواجب إجراؤها ، التى يمكن أن تمد البشرية بمعرفة أساسية جديدة ، تأخذ التجربة عند أهل النبوغ صفة النفاذ العميق إلى أصول المعرفة ، حيث الأختيار الصحيح الناجح لنوع التجربة .

يجدر أن نتذكر التجارب التى أجراها جاليليو فى بدايات العصر الحديث والتى مكنته من وضع يده على كثير من حقائق حركة الأجسام[1] ، فبدأ من وقتها ، تقدم مستمر أدى فى النهاية إلى ما يعرف بعلم الفيزياء الحديث .

ولو أن التجربة عنصر أساسى من عناصر الفيزياء إلا أنها فى حد ذاتها غير قادرة إلا على تقدم محدود فى إرساء قواعد البناء المنطقى للعلم . فمن المستحيل أن نستكشف التفاصيل الدقيقة لشيء لا نستطيع أن نلاحظه بطريقة أو بأخرى فالملاحظات تكون لب المعرفة فى فروع العلم الطبيعى . وإذن فالعلم يبدأ بالملاحظات ومنها يمكن صياغة أفكار تتعلق بطبيعة الظاهرة المشاهدة لتفسيرها ، تفسير الملاحظات والتجارب هى ما يسمى بمرحلة فرض الفروض[2] Hypothesis وهى المرحلة التى تسبق مرحلة الوصول إلى القانون العلمى .

(١) Lindsay & Margenan; **Foundation of Physics**, John Willey & Son New York, 1936 p.62

(٢) د محمود فهمى زيدان الاستقراء والمنهج العلمى ص ٤٧

إن تجارب النظرية الجديدة لو قبلت - لكان ذلك بفضل الاتفاق التجريبي الذى يتوصل إليه كل المشتغلين بالعلم طوال فترة من الزمن . فالكشف الجديد قد يكون وميضا خاطفا للعبقرية غير أن الإضافة الناجمة عنه إلى كيان العلم إنما هى ثمرة جهود الكثيرين وأفكارهم . والواقع أن معظم الأفكار الجديدة التى تقترح قد لا تلقى قبولا من العلماء ، حتى أن سجل العلم حافل بمثل هذه الأفكار قصيرة العمر - فلابد للنظرية لكى تقبل وتثبت من الموضوعية ، من أن تجمع مزيدا من الواقع فى إطار واحد وأن تقدم للوقائع والظواهر المعروفة تفسيراً أبسط وأكثر اتساقا[1] مما تقدمه أى فكرة سابقة . على أن العلماء لا يجتمعون لكى يصدروا قراراً بشأن الأفكار التى ينبغى قبولها أو رفضها بل أن النظريات تبقى بموضوعيتها وتندثر إذا غلبت عليها ذاتية الباحث ولعدم استعمال العلماء لها . وما أن تنشر نظرية جديدة فى مجلة علمية - حتى يبدأ العلماء الآخرون فى القيام باختبار نقدى لها مما يؤكد موضوعيتها أو يضعفها - فإذا استخدم الآخرون تلك الفكرة الجديدة أساسا لتفسير أبحاث أخرى ، أمكن القول أن النظرية موضوعية فى مجال بحثها ، وتصبح معترفا بها . أما إذا لم تستخدم الفكرة الجديدة فمعنى ذلك أنها رفضت ولم تكن موضوعية .

٤ - العلاقات الرياضية والقوانين الطبيعية :

أن أعلى درجات الصياغة فى علم الفيزياء هى لغة الرياضة[2] . وعظمة الرياضة تكمن فى قدرها المطلقة على ربط الملاحظات بالنتائج فى تسلسل منطقى وهى أكثر طرائق المنطق دقة ، وتتلخص طريقة استخدامها فى الفيزياء بوضع رموز رياضية تتعلق بالملاحظات والتعبير عن العلاقات بينها بصيغة رياضية وربط هذه العلاقات بأخرى بوساطة قواعد خاصة ، ومحاولة اختزالها كلها إلى صيغة قابلة للفهم .

وأبسط طرق استعمال الرياضة فى الفيزياء هو استخدامها فى صياغة قوانين الفيزياء وهذه القوانين عبارة عن صيغ مدونة بين الملاحظات فى أى نظام فيزيائى معين ، أى أنها علاقات بين مجموعات القياس - أن الفائدة العظيمة لعلم الرياضة كأداة لصياغة الأفكار النظرية وانتاج القوانين الفيزيائية قد أدت بالبعض إلى استنتاج أن الطبيعة تعمل أساسا بطرق رياضية محضة وأن الدقة فى القوانين الطبيعية مرجعها إلى صورها الرياضية وعلى

(١) راجع : Mach, E., The science of mechanics, open court publishing Co., 1942 p.296

(٢) د. محمد مهران **فى فلسفة الرياضيات** دار الثقافة للطباعة والنشر ١٩٧٧ ص ٧
وأيضا : د. محمد مهران ود. حسن عبد الحميد **فى فلسفة العلوم ومناهج البحث** ١٩٧٨

الأقل يوجد من يجاهر بأن للطبيعة هيكلا منطقيا بدليل أن الرياضة وهى طريقة منطقية معالجة لوصف الوجود الطبيعى - أمام هذا الرأى يوجد رأى آخر يقول : بأن الرياضة نفسها مشتقة من تشابهات طبيعية ، اكتشفها علماء الرياضة الذين نشأوا وعاشوا فى عالم لمسوا فيه مدى سيطرة الرياضة حتى على أكثر الدراسات بعدا عن المادية .

ولذا فليس غريبا أن تكون القوانين الرياضية قابلة للتطبيق على الظواهر الطبيعية - ولذا فالانسجام بين الرياضة والعلم الطبيعى متوقع دائما . وقد أشار إلى ذلك المشتغلون بالفلسفة عندما يتطلعون إلى النظريات الفيزيائية الحديثة . يؤكد العلماء أن الرياضة بالنسبة للفيزيائى ما هى إلا الأداة وليست غرضا فى حد ذاتها[1] ، فعندما نبحث فى طبيعة الملاحظات الفيزيائية ، نجد أن الكثير منها قابل للقياس الذى من شأنه التعبير برقم معين مع وحدة قياسية . أى أن كميات كثيرة تحتوى على خاصية المقدار ، فكميات مثل الكتلة والطول والمساحة وفترات الزمن تتعين تماما بهذه الكيفية - والكتابة العلمية التى تتضمن القياسات الكمية الموضوعية - كتابة محايدة لا يمكن للدارس أن يستشف منها شخصية كاتبها ، كما أن الأسلوب العلمى الصرف أسهل فى الترجمة إلى اللغات الأخرى من الكتب الأدبية ، والمصطلح العلمى إذا وضع مكانه مصطلح يساويه من لغة أخرى ، فإنه لا يفقد شيئا ومن ثم فإن الجانب الموضوعى الخالص من الجملة العلمية ينصرف بدلالته إلى جزء من الواقع الفعلى ، يمكن لأى قارىء مختص أن يراجعه ، ليطمئن إلى صوابه - ولهذا نجد أن القضية العلمية المطروحة على العلماء قابلة لأن تحقق بالوسائل التى تبرز خطأها ، لو كانت قضية خاطئة . وعلى صاحبها أن يقيم الدليل على صدقها أمام زملاء التخصص على أن يكون فى مستطاع المتخصصين فى مجالها أن يخضعوها للتحقيق بوسائل العلم ، ولذلك يتصف التفكير العلمى بأنه مرن وقابل للتطوير ، فقانون « سقوط الأجسام » عند جاليليو حل محل تفسير أرسطو لتلك الظاهرة كما أن قوانين نيوتن للحركة استوعبت قانون جاليليو ، وكذا قوانين كبلر فى حركة الكواكب ، وهكذا لو كان أى قانون من تلك القوانين ثابتا أو صادقا صدقا مطلقا لأدى ذلك إلى جمود العلم ولما كانت هناك الفرصة أمام التفكير العلمى للتوصل إلى قوانين أخرى جديدة تكون أقرب إلى التفسير[2] الصحيح لحقائق الأمور .

(١) د. محمد مهران : فى فلسفة العلوم ومناهج البحث مكتبة سعيد رأفت ١٩٧٨ ص ٩٩

(٢) النظرية العلمية مجموعة من القوانين العامة التى يرتبط أحدها بالآخر ارتباطا متسقا يعتمد بعضها على بعض وهى جميعا متعلقة بنوع واحد من الظواهر ، وكل قانون فى هذه النظرية العلمية أو تلك ، إنما يفسر جانبا معينا من تلك الظواهر بحيث أن مجموعة تلك القوانين المؤلفة للنظرية العلمية تفسر تلك الظواهر من كل جوانبها : راجع : د. محمود فهمى زيدان الاستقراء ص ١٤٣

إن لغة الفكر الفيزيائى المعاصر ، وهى لغة العلم تحوى رموزا مما اصطلح عليه علماء المجال ، لكى يكون مراده مفهوما لكل من أراد متابعته ومراجعته ومناقشته - هذا وإن كانت لغة العلم لا تحوى ألفاظا دالة على القيم بكل أنواعها - فالعلم منوط بمسائلة الموضوعية . إن الشرط الضرورى والأول فى التفكير العلمى المنتج هو تحويل اللغة الكيفية إلى لغة كمية أو ما يعادلها بلغة الأعداد - فالفرق بعيد بين لغة الحديث المألوفة ولغة العلم ومن أهم أسس التفكير العلمى أن نستخدم مصطلحات العلوم ومفهوماتها - ولنأخذ مثلا مفهوم « اللون » كما نعرفه فى الأحاديث المعتادة ومفهومه عند علماء الفيزياء - فى الحياة العملية نميز بين الألوان جميعا كما نراها فى كل شىء ، فى النبات فى الزهور فى الجبال إلى آخر ما تزدحم به دنيا البشر . أما عند العلماء فاللون ضوء يتغير بتغير أطوال الموجات الضوئية ، فالعلم لا يعنيه كيف ترى العين البشرية ولا ماذا ترى - بل يعنيه أطوال موجية يقيسها . إن دقة التفكير العلمى تتطلب تحويل المفاهيم الكيفية إلى مفاهيم كمية وأن العلوم المختلفة لتتفاوت فى مقدار تقدمها بنفس المقدار الذى اختلفت فيه من حيث ضبطها لمفهوماتها ضبطا كميا . ففى علم الفيزياء مثلا : فلننظر إلى مفهوم (الحركة) Motion كيف كان إبان مراحله التاريخية الأولى ، وكيف أصبح بعد نقلته الواسعة فى عصر النهضة الأوربية على أيدى جاليليو ونيوتن وغيرهما ، كان تصور علم الفيزياء للحركة فى مراحله الأولى تصورا كيفيا فكان أرسطو يقسمها أنواعا بحسب اتجاهاتها فيقول : ان هناك حركة صاعدة أبدا كحركة اللهب وحركة هابطة أبدا كحركة الحجر الساقط وحركة دائرية وهى عنده أكمل الأنواع كحركة الأجرام السماوية فى أفلاكها ثم جاء جاليليو فنظر نظرة أخرى قلبت الأمر رأسا على عقب - فقد أراد أن يجرد الحركة من الأجسام المتحركة - حتى لا ينشغل باتجاهاتها ، فيقول : إن اللهب صاعد والحجر ساقط والكوكب يدور ، إلا أنه جرد الحركة وحدها وحاول أن يجعلها متجانسة فى طبيعتها ، لا فرق بين أن يكون المتحرك حجرا أو لهباً أو ماء - فالهدف العلمى الجديد ، ليس هو وصف ما هو كائن مشهور - بل هو استخراج القانون الكمى الذى يحدد السرعة وما يؤثر فيها - ومن ثم كانت قوانين حركة الأجسام - وسرعان بعد ذلك ما ازداد تقدم العلم معرفة بحركة الأجرام السماوية فتقدم علم الفلك - ثم ما هو إلا أن أخرج نيوتن قانون الجاذبية ... وهكذا ... كان التقدم الحضارى الحديث والفرق بين الكم والكيف Quantity & Quality هو الفرق بين ما أسماه العلماء والفلاسفة المحدثون الأوائل بالصفات الأولية Primary Qualities والصفات الثانونية Secondary Qualities للأشياء[1] . والصفات

(١) اعتمدت فى عرضى هذا على المراجع الآتية .

١ - د. زكى نجيب محمود نحو فلسفة علمية مكتبة الأنجلو المصرية ١٩٥٨ ص ٣١٠

الأولية أو الكمية هي وحدها التى تصلح أساسا للعلوم عامة والفيزياء خاصة أما الصفات الثانوية والتى هي من خليق الإدراك الحسى فهى لا تصلح أساسا للعلم . فالصفات الأولية في الأشياء هي الصفات الموضوعية لأنها الصفات التى لا ترتهن بطريقة الإدراك البشرى للأشياء والظواهر . وأما الصفات الثانوية فهى على عكس زميلتها - فهى الصفات الذاتية التى هى من خليق الجهاز الإدراكي عند الإنسان .

وبينما يمكن للصفات الموضوعيه المستقلة أن تقاس أبعاداً وأوزانا وسرعات وهلم جرا - نرى الصفات الثانوية غير قابلة للقياس ومن ثم غير قابلة للتحول إلى كم رياضى . ولذلك يمكن تحديد التفكير العلمى بأنه يعالج الجوانب الكمية من الظواهر - وهذا هو الشرط لكى يكون العلم موضوعيا ، وموضوعيته كفيلة أن تنجو به من اختلافات النظريات الفردية ، التى كثيرا ما تتحكم فيها الأهواء والرغبات والحالات الوجدانية بصفة عامة .

إن أكثر ما يواجه العلماء جميعا وبصورة دائمة مشكلة لغة الوصف الموضوعى للتجربة ، وأقصد بهذا الوصف التعبير الذى ليس فيه لبس - يفهمه المتخصصون دون جنوح أو غموض ، والوسيلة الأساسية لذلك هى بالطبع اللغة Language ، اللغة السلسلة التى تعنى بغنى ووفرة ألفاظها مغطية الحياة العلمية والعملية بجانب التعامل الاجتماعى للإنسان . سوف لا يعنينى بحث أصول مثل هذه اللغة بقدر ما يعنينى دراسة مجالها فى التعبير العلمى وعلى الأخص دراسة مشكلة اللغة التى تحتفظ بموضوعية الوصف عندما تتسع التجربة وتتعدى المألوف من حوادث الحياة اليومية . تلعب الرياضة برموزها المجردة دورا خاصة فى المجال الفيزيائى - فهى التى أسهمت بصورة حاسمة فى تقدم التفكير المنطقى بواسطة تجريداتها جيدة التحديد ، فى التعبير عن العلاقات المتجانسة - ورغم ذلك لن نعتبر الرياضة كفرع منفصل عن المعرفة بل كمجرد تهذيب للغة العامة . تمد هذه اللغة بالرموز المناسبة لتصوير العلاقات التى يكون تصويرها بالتعبير اللفظى العادى غير دقيق - ولهذا يمكن أن نبرز أن استخدام الرموز الرياضية يضمن وضوح المعالم ، الذى يتطلبه الوصف الموضوعى ، وذلك لمجرد كونه يتحاشى الرجع إلى الذات الواعية (الأنا) الأمر الذى يتغلغل فى اللغة اليومية .

لقد أسهمت الرموز الرياضية المجردة التى نشأت أصلا نتيجة السعى المستقل إلى تعميم التركيبات المنطقية فى دفع عجلة التقدم فيما نسميه بالعلوم الدقيقة وهى العلوم التى تتميز بوضع العلاقات العددية والرمزية بين القياسات ، ويتضح هذا الأمر بصورة خاصة

---

٢ د. زكى نجيب محمود أسس التفكير العلمى سلسلة كتابك العدد الرابع ١٩٧٧

٣ د. زكى نجيب محمود المنطق الوضعى الجزء الثانى مكتبة الأنجلو المصرية ١٩٦١

فى الفيزياء التى نعتبرها تضم كل معرفة تتعلق بالطبيعة التى نحن أنفسنا جزء منها وأن أصبح تدريجيا يعنى دراسة القوانين الأولية التى حكم خواص المادة الجامدة ، وستظل الرياضيات بمنهجها الأستنباطى ورموزها المجردة مناطا للثقة واليقين عند معظم المفكرين والفلاسفة لما تمتاز به من دقة ووضوح ويقين قد لا نجد له مثيلا فى أى فرع آخر من فروع المعرفة الأنسانية .

وقد أصبحت الرياضيات اليوم تمد العلوم الفيزيائية بالتنظيم العقلى للظواهر الطبيعية وأصبح منهجها وتصوراتها ونتائجها قوام العلوم الفيزيائية المعاصرة حيث تمتاز بلغتها الرمزية[1] المستخدمة لتوضيح المعانى التى هى غالبا ما تكون غامضة فى اللغة المألوفة فقد تكون للكلمة فى لغة الحديث الجارى أكثر من معنى ، حسب ورودها فى العبارة ، أما اللغة الرياضية فهى محددة تحديداً دقيقا ، ولعل هذا السبب الذى جعل من الرياضيات العلم الدقيق . وأكسبها طوال تاريخها احترام جميع المفكرين علماء وفلاسفة على وجه أصبحت معه مثالا يحتذى فى كل تفكير يقينى .

إن النظريات الفيزيائية المعاصرة ليست سوى بناء نسق رياضى يحوى رموزا بينها علاقات تصاغ فى معادلات رياضية ، وينظر العلماء إلى هذه اللغة الرياضية على أنها مرشد لفهمنا للعالم ، لا أنها تعبر عن حقيقته .

٥ – النظريات الفيزيائية فروض تتطور :

النظريات فى علم الفيزياء هى محاولات لتفسير الظواهر بمجموعة من القوانين الذهنية الأساسية فى الطبيعة ، ولو أنها ليست غالبا من النوع الذى يسهل الوصول إليها بالملاحظة أحيانا ، تنمو النظرية الجديدة من نظريات موجودة من قبل ويكون الغرض منها إمكان تطبيقها فى ظروف جديدة أكثر حفزاً على وضع قواعد جديدة .

تبدأ صياغة النظرية ببديهيات وفروض يقترحها المشتغل بالفيزياء النظرية على أنها قواعد أساسية فى الطبيعة . وقد تتعلق هذه القواعد بالملاحظات مباشرة . فى أكثر الأحيان تكون

(١) جاء فلاسفة التحليل المعاصر فألقوا ضوءا جديدا على طبيعة القضية الرياضية هذا الضوء يعد أهم كشف فلسفى فى القرن الأخير كله ، وهو موضع الثورة فى الفلسفة المعاصرة كلها ، فيقين الرياضية ليس له مصدر سوى أن القضية الرياضية تكرار لفظى فى الرموز – فلا فرق فى طبيعة العبارة الرمزية بين أن نقول ٢ + ٢ = ٤ أو ٣ + ١ = ٤ أو ١ + ٣ = ٤ فالقضية الرياضية ضرورية الصدق ، وصدقها غير مرهون بمكان معين ولا بزمان معين – صدقها ضرورى الآن كما كان ضروريا عند انسان الكهوف والضرورة هنا تعنى أن نقيضها مستحيل .
راجع : د . زكى نجيب محمود **نحو فلسفة علمية** ص ١٦٤ .

هده الفروض على شكل معادلات رياضيه لإيجاد علاقة بربطها بالملاحظات الممكنة وقد تكون النتيجة على شكل قانون ينظر إليه تحت ضوء جديد ، كما قد تكون علاقة جديدة لم تختبر بعد على هيئة تنبؤ ، فما يجب التنويه به أن التنبؤ بالعلاقات الجديدة التى تثبت صحتها بالتجربة فيما بعد هو عنوان النظرية الناجحة[1] . والنظريات الهامة هى التى تحتضن مناطق كبيرة من العلم وتشتق منها علاقات كثيرة قابلة للمشاهدة كل هذا من مجموعة مقدمات بسيطة فالديناميكا النيوتونية التى بدأت من ثلاث قواعد بسيطة وهى (قوانين الحركة) الثلاثة ، أمكن إنماؤها لتحتوى على جميع العمليات الديناميكية المعتادة . فسلوك جميع الأجسام المتحركة والساكنة فى أماكنها ومساراتها وسرعاتها وكل الملاحظات الديناميكية الخاصة بها مرتبطة فيما بينها داخل إطار نظرية نيوتن ، ولا يمكن إدراك مدى اتساع وقوة النظرية إلا بدراسة مفصلة لتطبيقاتها .

إن الظواهر الطبيعية تحتاج إلى نظريات لا يوجد بينها عامل مشترك كبير غالبا - بمعنى لا توجد نظرية موحدة للمادة وإنما هناك نظرية تتعلق بسلوكها الميكانيكى وأخرى تتعلق بسلوكها الكهربى وأخرى تتعلق بخواصها الضوئية ... وهكذا ... إن نظرية مكسويل الكهربية المغنطيسية قد ربطت بين نظريات كهربية وضوئية وميكانيكية كثيرة سبق وأن وصفها رواد العلم الأوائل ، وأن نظرية النسبية لاينشتين قد جمعت بين نواح معينة من الكهرباء والجاذبية وجعلت منهما وحدة كاملة وأن نظرية الكوانتم قد نسقت بين بعض الخواص الكهربية للمادة وإشعاع الضوء وامتصاصه - وكلما نمت الفيزياء احتضنت نظريات جديدة أكثر استيعابا وأحلتها مكان القديم منها - لكن لازال العلم الطبيعى بصفة عامة بعيدا عن اعتناق نظرية موحدة عامة - ومن المسائل الصعبة الشائكة محاولة ابتكار نظرية موحدة للمجال تربط بين خواص الجاذبية والخواص الكهربية والدنياميكية للمادة وفى نطاق أقل طموحاً لا تزال أمام العلماء مهمة اكتشاف نظرية تفسر سلوك نواة الذرة وتركيبها ، لاسيما وأن الإمكانيات التكنولوجية تستغل حاليا فيما يسمى بالأنشطار النووى . هناك تفاؤل بين العلماء بأنه من الممكن حدوث تقدم جديد فى النظرية الفيزيائية فى عهد قريب .

(١) النظرية فرض يراد به تفسير أكبر عدد من الظواهر ، فإذا أمكن تفسير عدد كبير من الحقائق الجزئية بأحد هده الفروض انقلب إلى حقيقة علمية أقرب مايكون إلى اليقين

أما إذا أخفق العالم فى ارجاع كثير من القوانين أو الحقائق الجزئية إلى نظريته فيجب عليه تعديلها ، أو تركها إذا لم يكون هناك بد من ذلك ، ومعنى هذا أن النظريات العلمية ليست جامدة بل تقبل التطور

راجع د محمود قاسم « **المنطق الحديث ومناهج البحث** » الطبعة الثالثة مكتبة الأنجلو المصريه ١٩٥٤ ص ٢٧٤

إذن الغاية من العلم الطبيعي ، هى بناء نظرية ضخمه من مجموعة من المعلومات الجزئية الصغيرة التى تم اختبارها - فإذا أمكن الجمع بين كل الملاحظات والنتائج المستخلصة من تجارب كثيرة تجرى فى معامل مختلفة – تعبر عن جهود وأفكار وأساليب علماء وبحاث متباينين عديدين - فعندئذ قد ينتج تفسير يتسم بالقوة والاتساق تتكون منه نظرية علمية أو مفهوم علمى على أن تكون هذه النظرية متسقة مع كل الفروض التجريبية ، فالملاحظات والنتائج هى الحجارة التى تشيد النظرية العلمية وعلى هذا فالنظرية هى أفضل فكرة لدينا عن الطريقة التى تترابط بها مجموعة من الظواهر المستقلة فيما بينها[١] على أن مثل هذه النظريات لا تنبثق آليا من الملاحظات والتجارب مثلما أن الأحجار لا تتجمع بذاتها لتكون بيتا ، بل إن النظريات كالبيوت ينبغى أن تشيد ، ويتوقف أسلوب العمارة على الشخص القائم بالبناء ، وعلى المجال الذى يعمل فيه ، فبعد إجراء تجارب متعددة على أوجه مختلفة لموضوع معين تتيح المعلومات المتراكمة لواحد أو قلة من العلماء أن يقترحوا نظرية عامة تجمع كل هذه المعلومات فى تفسير واحد – فالنظرية مفهوم يوحد مجالا من مجالات البحث العلمى ، وهى تقدم خطة موحدة لتفسير مجموعة كاملة من الوقائع التى تبدو وكأنه لا رابط بينها . قد يحدث أحيانا أن يعترف العلماء الآخرون بنظرية جديدة بمجرد أن تقترح عليهم ولكن قد يحدث فى أحيان أخرى أن تواجه النظرية الجديدة بالتحدى – وتدور معارك فى الجمعيات والمجلات العلمية وعندما ينشب خلاف كهذا يهرع الجميع إلى إجراء المزيد من التجارب ، وإختيار الأفكار للحصول على مزيد من الأدلة ، التى تؤيد هذا الجانب أو ذاك والواقع أن الخلافات العلمية كثيراً ما عكرت صفوه ، بل وتجعل تاريخه مثيرا – فنادراً ما يتم ميلاد النظرية الجديدة دون ألم – فالنظريات الجامعة أساسية إذا شئنا أن ينمو العلم وتتضح معالمه التطبيقية . عندما تولد نظرية جديدة فإنها لا تظهر إلا بوصفها فرضا لم يختبر ، ولكى تختبر لابد من أستخدام أدوات وأساليب يجىء معظمها من العمل المتراكم للآخرين ، أى أن هذه النظرية الجديدة لو قبلت لكان ذلك بفضل الإتفاق التجريبى الذى توصل إليه عدة مشتغلين بالعلم طوال فترة من الزمن ، فالنظرية الجديدة لا يمكن أن تثبت إلا إذا حدث تقدم عام فى المعرفة ، وفى الخبرة الفنية يتيح إجراء إختيار سليم لها ، فما كانت نظرية النسبية عند أينشتين لتصاغ أصلا لو لم يكمن العلم الفيزيائى قد تقدم إلى حد لم تعد معه المفاهيم الفيزيائية القديمة كافية على الأطلاق لاستيعاب الظواهر الجزئية فالتقدم العلمى ليس حادثا منعزلا وإنما هو نتيجة تقدم وتطور سابق فى المعرفة وفى الأساليب الفنية التطبيقية . يدلنا تاريخ العلوم على وجود هذا التطور ، فالنظريات التى تتطور هى التى تحتوى على جانب من الحقيقة ، حقا لم تصل العلوم الطبيعية حتى الآن إلى

(١) Dampier, Sir W., A History of science; Macmillan Co., NewYork 1946 p.303

• نظرية نهائية لا تقبل التطور حيث تكون عامة تفسر جميع ظواهر الكون ، وليس لنا أن نقول باستحالة الوصول إلى مثل هذه النظرية المثالية ، وإلى أن تتحقق ، لابد وأن يستعين العلماء فى كل فروع المعرفة الطبيعية ببعض النظريات التى يكمل بعضها بعضا ، لأن العلم الطبيعى لا ينفك عن التطور المستمر

إمكانية التحقيق التجريبى :

التحقيق التجريبى هو معيار صدق الفرض العلمى مهما كانت طبيعة ذلك الفرض من ضمن اتجاهات الفلسفة التحليلية المعاصرة نظرتها إلى صعوبة وتعقد التحقيق التجريبى لقضايا العلم أقصد الأشارة إلى مبدأ إمكان التحقيق Principle of verifiability الذى نادى به « اير »[1] A. J. Ayer عام ١٩٣٦ وربط به بين فلسفة العلوم ومشكلات نظرية المعرفة .

يعتبر مبدأ إمكان التحقيق عند « اير » هو موقفه من نظرية المعنى Theory of Meaning تلك التى تبحث فى معيار الحكم على صدق قضية ما لتمييزها عن القضية الكاذبة وهى إحدى النظريات المتضمنة فى الابستمولوجيا . يصنف أير القضايا صنفين قبلية وتجريبية ، ويرى أن هذين هما كل القضايا ذات المعنى - وأى قضية لا تندرج تحتهما هى قضية ميتافيزيقية . ويميز « اير » أيضاً بين القضايا ممكنة التحقيق بالمعنى القوى ، إذا أمكن اثبات صدقها إثباتاً حاسما ، وتتميز بأنها مستقلة عن الخبرة الحسية ويعتمد تحقيقها على مجرد استخدام صحيح للألفاظ ، وعلى علاقات ثابتة بين تلك الألفاظ ، وقضايا ممكنة تتحقق بالمعنى الضعيف إذا أمكن للخبرة جعلها احتمالية الصدق . ولما كانت القضايا التجريبية فى علم الطبيعة المعاصر مثل كل ذرة تتركب من الكترونات وبروتونات ونيوترونات — والمعادن الساخنة تشع طاقة على هيئة فوتونات هذه القضايا ممكنة التحقيق بالمعنى الضعيف ، ولا يمكن إقامة الصدق الكلى لتلك القضايا التجريبية بتأييد الخبرة الحسية مهما كثرت حالات تلك الخبرة ، التى ترجح احتمال صدق القضية - والأحتمال هنا بمعنى ميلنا نحو تصديقها .

يشير اير إلى نقطة بالغة الأهمية فى طبيعة القضية التجريبية مما لها أثر كبير فى تصورنا لتحقيقها تجريبيا ، وهى مايمكننا تسميتها « الغموض الطبيعى » المتضمن فى كل قضية

---

(١) ألفرد جيلز اير A.J. Ayer تأثر بالمدرسة الوضعية المنطقية Logical Positivism ، وفلسفتها التحليلية المتضمنة نظرتها إلى الميتافيزيقا ، وبيان أنها خرافة لاتستحق أن تكون فرعا من الفلسفة . اتفق رواد المدرسة فى الاتجاه ، ولكنه لم يتفق معهم فى كل التفصيلات

جع د محمود فهمى زيدان الاستقراء ص ١٨٧ ٢٠٣

تجريبية فلكل جسم مادى عدد لا نهائى من الصفات وهنالك ظروف لا نهاية لها تظهر فيها هذه الصفات أو تلك والنتيجة أننا لانستطيع حصرها جميعا ومن ثم تحقيق أى قضية ذات طبيعة ماديه دائما هو تحقيق ناقص وبالتالى فلن يكون التحقيق تاما ، وإن استلزم الوصول إلى خبرة حسية تؤيد القضية

كتب « اير » مقالا عام ١٩٤٧ بعنوان إمكان التحقيق Verifiabillity وكانت أهم نقطتين فى هذه الحالة :

١ - أن أى قضية تجريبية تتميز بميزتين أساسيتين « النقص » Incompleteness والتركيب المفتوح Open structure ، النقص المتضمن فى وصف أى شىء مادى أما خاصية التركيب المفتوح فهى إنكار أى تعريف مطلق أو أى شرح شامل - ففى الإمكان الحصول على صفات أخرى لأى شىء مادى الآن وفى المستقبل .

٢ - لاتوجد على الاطلاق شواهد من الخبرة تثبت صحة القانون العلمى ، وإنما الشواهد تقوى احتمال الصدق ، لكنها لاتبرهن عليه - فالعلاقة بين القانون وشواهده المؤيدة ، هى توفر شروط معينة لحدوث تلك الشواهد ، وعدم وجود عوامل تعوق هذه الشروط - والشرط الأخير ليس فى متناول الباحث العالم وإذن يظل التحقيق التجريبى الكامل لأى قانون علمى غير ممكن - من هنا ندخل إلى قضية أخرى ذات أهمية عند التحقيق التجريبى ، ألا وهى الألفاظ التى تصاغ بها الفروض والنظريات ومداها من الحقيقة .

« الحقيقة » فى ألفاظ الفرض والنظرية العلمية :

فى العلوم الطبيعية فروضا أمكن تحقيقها تجريبيا ، فى تجارب تكررت مراراً ، وأتت بنفس النتائج فى حدود الأخطاء التجريبية المعتادة . وسأفترض أن الظروف والشروط الواحدة ستؤدى دائما إلى ظواهر واحدة فى إجمالها وتفصيلها ، ومن الناس من يعتبر هذه الفروض حقيقة مطلقة .

ولفظة « الحقيقة » Reality لفظة مريبة سأستخدمها لأعنى بها نتيجة خرجت بها من تجربة ولأعنى بها كذلك ذلك المعنى الذى مؤداه أن تجربة على نسقها وبشروطها ، لابد أنها تنتج نفس نتائجها .

لدينا فى الفيزياء المعاصرة المنطوق الذى يقول : أن نواة الذرة تتألف من الكترونات وبروتونات ونيوترونات وهو قول لايزال كثير من العلماء والفلاسفة يعدونه فرضا أو نظرية ، لا حقيقة ثابتة .

علم الفيزياء أثبت أن المنضدة الخشبية ليست فى الحقيقة إلا مجموعة من الكترونات وبروتونات ونيوترونات وقوله « فى الحقيقة » قد يحمل فى بعض الأذهان معانى مضلله كثيرة ، والأصح لو أن علم الفيزياء قال : إن التصور الذهنى المرتبط بلفظ منضدة تصور نافع فى دنيا الناس وعلى قدر فهمهم النظرى العام ، وقد استخدموه جميعا وانتفعوا به وهو محدد تحديداً كافيا بحكم ماضى الخشب قبل أن يكون خشبا – وفوق هذا يجوز التعبير عما وقع للخشب من تحولات كيميائية لجزيئات وذرات لمادتى السيلوز واللجنين المكونة للخشب – وخلاف ذلك لا أرى فائدة من ذكر وجه الإنتفاع بالخشب مع ذكر تكونه من الكترونات وبروتونات .

« حقيقة » كثير من النظريات التى يضعها العلماء ، تثير أمام الفلاسفة حين يتفلسفون صعوبات فوق التى تثيرها « حقيقة » معنى المنضدة أو معنى تلك المادة التى نسميها خشبا . والواقع أن درجة الحقيقة التى نحسها للأشياء للمعانى سواء علماء أو فلاسفة – تتوقف على درجة ألفتنا لما تثيره هذه الأشياء والمعانى فى أذهاننا من صور ، وهذه الألفة بدورها تتوقف على مقدار ما استفدناه من ثمراتها على مر الزمان . أو عما يتنبأ به العلم أن يقع ، فأمر ككل أمور الحياة غير العلمية يتوقف ثبوته على ما به من إحتمال ، فالمسألة على ما يظهر ليست إلا احتمالا ودرجة احتمال .

إن كل ماتتوقعه من أحداث وظواهر ووقائع العالم الطبيعى قد يقع فى روعنا موقع الثبوت واليقين وليس إلا شيئا محتملا – كبير الاحتمال .

٦ – وحدة الكون والمفاهيم الشاملة فى النظريات والقوانين الطبيعية :

هناك مسلمة أخرى تتميز بها النظريات والقوانين الفيزيائية المعاصرة والمتعلقة بالناحية الموضوعية أعنى بها التسليم بأن « الطبيعة موحدة » وكأنها خطة واحدة للكون ، ولاشك أن هناك اعتقادا لدى أغلبية العلماء والفلاسفة بوحدة الكون ، على أن تأثر اعتقاد العالم بأن الطبيعة كلها موحدة يمتد أبعد بكثير من هذه الأمثلة فى التكوين الذرى والكيانات المتناهية فى الصغر بمثيلاتها المتناهية فى الضخامة والاتساع كالمجموعة الشمسية فهذه المسلمة « وحدة الكون » تؤدى إلى نتيجة على جانب عظيم من الأهمية – هى أن تكون للعلماء الحرية فى تطبيق المعرفة المتعلقة بفرع معين من فروع العلم على المشكلات التى تصادفها فى فرع آخر – ولن يتأتى ذلك إلا بموضوعية النظريات والقوانين مجال التطبيق .

وقد تأكد للعالم أن ما نعرفه فى الفيزياء يمكن تطبيقه فى الفلك ، وفى الكيمياء ، وهناك

تطبيقات فى ميدان البيولوجيا ، استعان العلماء بمعارفهم الفيزيائية عن الضوء ووحداته الفوتونية وكيفية استخدام النباتات لضوء الشمس من أجل تكوين السكاكر والنشا والسليلوز والأحماض الأمينية والإنزيمات وعدد كبير من المواد الأخرى . ولعل النظرة الموضوعية اليوم تدعو العلماء والفلاسفة فى النظر إلى الكون على أنه كيان ضخم واحد - منظم - تسرى مجموعة واحدة من القواعد - وأن ما يعرف فى أى فرع بعينه من فروع الفيزياء له أهميته وتأثيره فى العلم الطبيعى كله - والهدف النهائى فى العلم هو ادماج كل شيء وكل ظاهرة فى مفهوم واحد شامل . وعلى الرغم مما فى هذا الهدف من طموح يصل إلى حد الغرور فإنه هو أساس الأعتقاد بأن الحوادث المنفصلة يمكن أن ترتبط من حيث المبدأ ارتباطا وثيقا وعلى هذا الأساس يمكن تنسيق المعرفة العلمية وتنظيمها - والمسلمة الكامنة من وراء هذا هى أننا لو عرفنا كل ما يمكن أن يعرف عن الذرة وكياناتها أو عن الخلية النباتية أو الحيوانية وكياناتها وعناصرها - لأمكننا أن نعرف كل ما يمكن أن يعرف عن الكون .

وفى هذا التسليم بوحدة الطبيعة يختلف العلم الفيزيائى عن غيره من أنواع المعرفة إذ أن الفروع المتعددة للعلوم الفيزيائية ترتبط فيما بينها ارتباطا وثيقا ، ولما كان العلم الحديث قد تقدم وذلك من حيث نوع المشاكل التى يبحثها ومن حيث طبيعة الحلول المطلوبة فإن الفيزياء قد أصبحت أهم فروع العلم وأكثرها تقدما إذا كان من الممكن تقسيم العلم الطبيعى إجمالا إلى ثلاثة فروع رئيسية هى الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا - فالملاحظ أن الفيزياء هى أبسط الثلاثة والبيولوجيا أعقدها - وهذا لايعنى على الأطلاق أن الفيزياء أسهل منها بالضرورة - بل أن بعض مراحلها عسيرة بالفعل إلى بعد حد - وإنما المقصود بالبساطة - ذلك الطابع المباشر الذى يتسم به التجريب الممكن فيها .

٧ - النظريات الفيزيائية ليست لها قداسة وليست مطلقة الصدق :

من سمات الموضوعية فى نظريات الفيزياء المعاصرة أنها لم تغلق الباب فى وجه المزيد من البحث فى الموضوع فليس هناك نظرية يمكن أن توصف بأنها الكلمة الأخيرة التى لا ترد - كما لم تعمل أى نظرية من نظريات البحث على نقل المشكلة إلى مجال لا يقبل الأختبار أو التحقيق - ولقد أثبت قانون الجاذبية عند « نيوتن » أنه فكرة عظيمة الأهمية والفائدة - فالصيغة التى عبر بها نيوتن عنه تسمح باجراء تطبيقات رياضية ، إذ أن من الممكن قياس هذه القوى والكتل والمسافات ، والفكرة كلها يمكن اختبارها تجريبيا - ونتائجها يمكن التنبؤ بها ، بالأستنباط ثم اختيارها بالاستقراء ، وهو يمتاز بوصفه قانونا علميا ، بأنه متناسق ، بسيط ومفيد - ومن المهم ملاحظة أن التفسير الذى قدمته النظرية النسبية

الحديثة للجاذبية هو أدق وأبسط حتى من تفسير نيوتن ، من حيث أنه لايقتضى استخدام فكرة الجذب . على أن النظرية النسبية لاتبطل قانون نيوتن وإنما هى تتجاوره كثيرا فحسب والنظريات الفيزيائية المعاصرة تتفق أو هى متسقة مع الوقائع أو الظواهر الطبيعيه Agreement وللتأكيد على أن أفكار هذه النظريات تتفق مع الظواهر الطبيعية أمكن استخدامها فى التنبؤ بما سيحدث فى ظروف معينة مع ضرورة افتراض أن الطبيعة تؤدى عملها بأكمل نظام ممكن ، فعندما لاتعود النظريات ملائمة للملاحظات يتعين تغيير النظريات . قد تبدو القاعدة القائلة بأن الطبيعة لاتخطىء أبدا ، وأن الظواهر تحدث تماما كما يفترض لها أن تحدث قد تبدو هذه القاعدة بديهيه ، لكنها سواء أكانت بديهية أو لا ، فإن الناس يطلبون أحيانا من الطبيعة أن تطابق أفكارهم الضيقة .

الموضوعية الجافة التى يتميز بها مسار العلم تؤكد أن النظرية العلمية ينبغى أن تكون بسيطة بقدر الامكان ، وأن تكون من الممكن اختبارها تجريبيا ، وأن تكون متسقة مع كل الظواهر المشاهدة المتعلقة بالموضوع ، وهذه شروط صارمة لايمكن أن تتخلف ولايمكن التساهل بشأنها . والواقع أن بعضا من أقرب المفاهيم إلى قلوب البشر لايجد له مكانا فى موضوعية العلم – وعليه إذا وجد أى مفهوم لايمكن قياسه موضوعيا ، أو اتخاذه موضوعا لملاحظة محايدة ، فإن هذا المفهوم لايمكن أن يحظى باعتراف العلم .

وارجاع المعرفة إلى أبسط أشكالها موضوعية هو أمر لامفر منه من أجل ضمان فعالية العلم وجدواه . إن الجمال ، والأخلاق – والقيمة والخلود والوعى من المفاهيم[1] التى لايمكن اختبارها فى مجال العلم لعدم وجود أساليب يمكن بها معالجتها مع ملاحظة أن عدم ملائمة أى تصور من وجهة النظر العلمية لايعنى أنه ضئيل الأهمية أو خلو من المعنى ، فمثل هذه المفاهيم لايمكن أن تكون جزءا من العلم لأن من المستحيل معالجتها علمياً ، وإذن فالمفهوم الذى لايمكن اختباره فى مجال العلم هو مفهوم لايمكن تفنيده ولايمكن تأييده وكل مايمكن أن يفعله العلم إزاءه ، هو أن يتجاهله .

فما هو نوع المفهوم الذى يضعه العلم للواقع الموضوعى ؟ أنه أبسط مفهوم ممكن[2]. ووجهة نظر العلم فى هذا هى أن أى شىء يمكننا قياسه ، وأية ظاهرة يمكن إثبات وجود

(١) د. زكى نجيب محمود أسس التفكير العلمى سلسلة كتابك العدد ٤ دار المعارف ١٩٧٧ ص ٥٠

(٢) يقول هنرى بوانكارية Henery. B. أن النظرية العلمية قائمة دائما على فروض ، وبالنظريات التى يقال أنها حقيقة إلا « أنفع النظريات » أى التى تبسط للباحث عمله وتعطيه أجمل صورة من الكون ذلك بأن النظريات رموز مجردة يركبها العقل للتعبير عن العلاقات المشاهدة بين الظواهر فنظرية كوبرنيق مجرد فرض وهى لاتمتاز عن نظرية بطليموس إلا أنها أبسط وأنفع . أن بوانكاريه يلتقى مع الكثير من العلماء والفلاسفة فى القول بموضوعيه العلم الحديث ولاسيما الفيزياء

علاقات بشأنها لها حقيقة موضوعية ومن وجهة أخرى فان أى شىء وأية قوة لايمكن معالجتها بأساليب العلم يبست لها من وجهة النظر الشكلية أهمية موضوعية .

وفى العمل العلمى لايوجد ما يدعو إلى افتراض وجود أشياء واقعية لايمكن إدراكها فى العالم الخارجى ، ومن المحال أن تدرك الأشياء بطريق مباشر ، إلا إذا أمكن أن نرد إلى نوع من الادراك الحسى أو ما يسمى بالمعطيات الحسية .

والحق أن العلوم الفيزيائية بالذات حافلة بأمثلة شتى نعدها الآن واقعية جداً ، وأن لم تكن منذ سنوات تخطر ببال بشر – فمنذ ثمانين عاما – أنتجت موجات الراديو لأول مرة فى معمل – وكان عالم فيزيائى اسكتلندى لامع هو جيمس ماكسويل Lames Maxwell ، قد تنبأ استنباطيا بوجود مثل هذه الموجات الكهرومغناطيسية قبل ذلك بسنوات – ومن المعروف الآن أن كميات كبيرة من موجات الراديو تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجى مما أدى إلى ظهور علم الفلك الاشعاعى(١). Radio Astronomy كاضافة هامة إلى أقدم علم لدى الانسان .

٨ – الذاتية نسبية والموضوعية ليست مطلقة :

الموضوعية المطلقة أمر لم يعد علماء الفيزياء المعاصرون يطمعون فى الوصول إليها وأن موضوعية البحث يداخلها دائما عناصر ذاتية لا مفر منها .

يقول أرنست شرودنجر وهو من أعلام الفيزياء E. Schrodinger (١٨٨٧ – ١٩٦١) العالم تأليف عقلى Mental Construct ، من احساساتنا وادراكاتنا الحسية وذكرياتنا(٢) – ومن اليسير أن نقول أن له وجودا موضوعيا فى ذاته – لكن من المؤكد أنه لن يبدو لنا من مجرد وجوده ، وإنما وجوده بالنسبة لنا مشروط بحوادث معينة تحدث فى المخ(٣).

ويقول أيضا : إن جسمى الذى ترتبط به حياتى العقلية ارتباطا جوهريا ، هو جزء من العالم الواقعى من حولى ، والذى أؤلفه من احساساتى وإدراكاتى وذكرياتى – ولاشك فى وجود تلك المجالات الشعورية على الرغم من أنه ليس لدى منها معرفة مباشرة بطريق

(١) Stanley D. Beck; Simplicity of science, p.112

(٢) د. محمود فهمى زيدان: فى النفس والجسد « بحث فى الفلسفة المعاصرة » دار الجامعات المصرية ١٩٧٩ ص ١٤١/١٦٣/١٦٤

(٣) Schrodinger; Mind and Matter, p.1

الإدراك الحسى ، ومن ثم فإنى أميل إلى اعتبارها شيئا موضوعيا يؤلف من العالم الواقعى من حولى .

ويقول يوجين فجنز E.P. Wigner وهو الآخر عالم فيزيائى معاصر : هنالك نوعان من الوجود وجود ذاتى الشعورية ووجود كل شيء آخر وليس الوجود الثانى مطلقا وإنما هو نسبى فقط ، وكل ماعدا احساساتنا المباشرة ليس إلا تأليفا .

ويعقب الأستاذ الدكتور زيدان على هذين النصيين بقوله : ندن هذه النصوص وأمثالها كثير - على اعتراف بثنائية انطولوجية بين العالم والذات الواعية وثنائية ابستمولوجية بين هذين العالمين بمعنى أن العالم المادى ليس شيئا دون وعينا به وأن معرفتنا له تعتمد على وجودنا ، بل أنه عالم يؤلفه العقل بما لديه من احساسات وإدراك وذكريات ، ولا يطعن ذلك فى وجوده المستقل ولا فى موضوعية معرفتنا – لكن الموضوعية ليست مطلقة وإنما يداخلها دائما عناصر ذاتية .

هكذا نجد أن العلماء لاينادون بالموضوعية المطلقة المجردة عن العناصر الذاتية ,وأن عمالقة العلوم الفيزيائية يعترفون بواقعية الحياة الشعورية ويصرون على أن العالم الطبيعى لاوجود له بالقياس إلينا إلا بتدخل وعينا فى معرفته . وأن معرفتنا لهذا العالم موضوعية يداخلها عناصر ذاتية نضيفها نحن من احساساتنا وذكرياتنا إلى المضمون التجريبى القائم المستقل عنا .

والفلاسفة وغيرهم من الناس الذين يتريثون من آن لآخر ليفكروا فى ظواهر الكون قد أدركوا منذ وقت طويل ، أن كل شخص يعيش فى عالم خاص به ، ومركز هذا العالم هو عقله الخاص – ويتحدد نوع العالم الذى يعيش فيه الشخص تجربته ومزاجه وذكائه وعوامل أخرى – فهذا العالم إذن عالم ذاتى وشخصى تماما . ولاشك أن من أهم المشكلات التى تواجه الفلسفة والعلم – مشكلة كيفية انطباق هذا العالم الذاتى على عالم أخر واقعى وموضوعى مستقل عن أى ذهن بشرى ، فالأشياء والحوادث التى تقع فى العالم الخارجى تؤثر فى أعضائنا الحسية (العين – والأذن .. ألخ) ويتولى الذهن الذى يتلقى هذه الاشارات الحسية جمعها فى نسيج واحد – هو الواقع المدرك أو المجرب ولما كان الانسان لايستطيع الخروج عن ذهنه ، فإن حواسه هى حلقة الاتصال الوحيدة بينه وبين العالم الخارجى – فالعالم الذى نراه ، والذى يعيش فيه كل منا ليست له إلا حقيقة ذاتية أو باطنة ونقوم نحن بترجمة هذه الحقيقة الذاتية إلى ما نعتقد أنه هو الشكل (الحقيقى) للعالم الخارجى[1].

(١) برتراند رسل : **النظرة العلمية** ترجمة عربية بقلم عثمان نويه القاهره ١٩٥٦ ص ٨١

ولا جدال في أنه توجد أشياء وحوادث مستقلة عن الذهن البشري غير أننا لانستطيع أن نعرفها إلا بعد ما نستطيع إدراكها بل إن وجودها في داخل خبرتنا بما هو ذاته إدراكنا لها . إنني لأذكر صيحتي في صوت يائس بأنني لا أستطيع العثور على الأنسكلوبيديا البريطانية في مكتبة أحد أساتذتي . وحقيقة الأمر أنني لم أستطع فعلا العثور عليها ، بينما هي أمامي على الرف إذ أنني لم أتعلم ولم أعرف ماهي الأنسكلوبيديا فذهني لم يكن يعلم أنه كتاب ضخم

هناك عاملان يشتركان في تكوين صورة محكمة للعالم المحيط بنا ، هما الادراكات الحسية التي يتلقاها الذهن من الخارج ، ونشاط الذهن ذاته - الذى هو على مايبدو غير حسي .

ونستطيع أن نطلق على العامل الثانى اسم الحدس Intuition أو الأستبصار Insight والواقع أن المعرفة الحدسية لاتقل حقيقتها بالنسبة للبشر عن المعرفة الحسية المباشرة -- غير أن ما يعرفه شخص معين حسيا قد يشك فيه شخص آخر ، بل قد ينكره إنكارا تاما .

وقد يناقش كل منهما الآخر ويحاول اقناعه أو مجادلته مدة طويلة وبكل حماسة وانفعال ، ولكن دون أن يجد أى وسيلة لعبور الهوة التى تفصل بين عالميهما . والواقع أن الاختلاف بين الناس فى النظر إلى الأمور إنما يرجع إلى نوع الواقع الذى يعرفونه . وقد يتطرفون فى هذه الاختلافات فنجد منهم المتفائلين والساخرين والمتعصبين والمتشائمين .. ألخ . فما هو الواقع إذن ؟ وماهو الواقعى فى الكون الخارجى ، أى فى العالم الموضوعى ؟ إن عالم التجربة يبدو واقعيا جداً غير أننا نعلم أنه عالم من صنع البشر ، صنعنا نحن ، تكون فى الأذهان من الانطباعات التى يحدثها الكون الموضوعى ، ولاشك أنه حق للناس أن تصف كل ما تدركه بأنه واقعى إذ أن الواقعى بالنسبة إلينا لابد أن يكون هو ذاته ادراكنا له . و إن بدا هذا التصور التجريدى محير إلى حد ما - ولكن مشكلة التمييز بين ما هو واقعى وما هو غير واقعى هى مشكلة تجريدية .

ولقد كانت هذه المسألة موضوعا لبحث مجموعة من أعظم الفلاسفة - ولكن اتضح أن تفرقتهم بين (الواقعى) وبين (غير الواقعى) هى تفرقة غير قاطعة ، على وجه العموم ، فالحدود بين الواقع الموضوعى أيا كان ، وبين الواقع الشخصى الذاتى ، ليست محددة المعالم على الأطلاق ومرد ذلك إلى أننا مضطرون إلى التعامل مع عالم خارجى من خلال احساس ذاتى باطن بالواقع وهذا أمر لا مفر منه[1]

---

(1) د محمود فهمى زيدان النفس والجسد

العلم الفيزيائى ضرب من المعرفة يمثل جهدا طويلا متصلا لتكوين مفهوم عن الواقع يمكن أن يرتبط بالعالم الخارجى فى علاقة متسقة ناجحة - وهذا العلم معرفة موضوعية أى أنه - بقدر الإمكان معرفة للعالم الخارجى عن الذهن البشرى .

وهذا النوع من المعرفة هو محاولة لفهم عالم الطبيعة من أجل معرفة ما يحدث فيه من جهة ومن أجل الأهتداء إلى وسائل أفضل للسيطرة على الطبيعة واستغلالها من جهة أخرى .

وليس فى وسع المعرفة العلمية بطبيعة الحال أن تكون هى ذاتها العالم الخارجى ، وإنما ينبغى أن تعطى أساسا لواقع مدرك ، يتسق مع العالم العينى الذى لانستطيع معرفته ، والذى هو مستقل عن ذهن الإنسان . والعلم الفيزيائى محاولة لتكوين فهم للطبيعة لايكون متوقفا على الفرد وإنما يمكن أن يشترك الناس جميعا فى الأخذ به ، وقضايا العلم الفيزيائى قضايا اجتماعية لامسألة فردية تخص قائلها وحده[1]، وهو إلى هذا الحد يمكن أن يكون موضوعيا . وعلى ذلك فالعلم الفيزيائى خاصة والعلم الطبيعى عامة أقل تعرضا لما قد تتصف به الأذهان الفردية من تخبط وانحراف وتصور . وإذن فتطور النظريات الفيزيائية العلمية هو تطور للواقع وهو تطور لأحد أوجه العقل الاجتماعى . ومن أخص خصائص التفكير العلمى وصوله إلى « قوانين » عامة لاتقف عند فرد أو بيئة أو زمن ، تفهم الوقائع الجزئية على ضوئها - فالعلم يبدأ بدراسة الحقائق الجزئية المفردة المحددة - غير أن هذه الحقائق لاتكون بذاتها علما ، لأن العلم لايكون إلا إذا كشفنا عن القوانين العامة ، التى تكون كل حقيقة من الحقائق الجزئية تطبيقا أو تجسيدا لها ، فحقيقة الوقائع الجزئية ، هى أنها أول الطريق الذى يؤدى بنا إلى قوانين العلوم . وفهم الظاهرة معناه أن نجد الرابطة التى تربط هذه الظاهرة وظواهر أخرى فى قانون واحد . ومن البديهى أن معرفة ألوف الحقائق الجزئية عن الطبيعة دون أن نجد الروابط التى تجمعها فى مجموعات من القوانين - فليست هذه المعرفة من العلم فى شىء .

ومعرفة الحقيقة الجزئية الواحدة لاتساعد فى التنبؤ بما سوف يحدث فى لحظة مستقبلة ، أما إذا عرفت الروابط بين مختلف الأشياء والتى نعممها فتصبح قانونا علميا - حينئذ يمكن التنبؤ على وجه الدقة بما سوف يحدث ومتى يحدث وكيف يحدث إذا ما توافرت تلك

---

(١) قضايا إجتماعية بمعنى أن اللغة أو الرموز التى يستخدمها الباحث لابد وأن تكون مما اصطلح عليه علماء المجال الذى يبحث فيه - لكى يكون مراده مفهوما لكل من أراد أن يتابعه ويراجعه ويناقشه فيما قدم من زملاء ميدان تخصصه .

راجع د. زكى نجيب محمود :**أسس التفكير العلمى**العدد الرابع سلسلة كتابك ١٩٧٧ ص ٤٩

الروابط . على أن تعلم أن القوانين الطبيعية تعتبر اليوم احتمالية أو ترجيحية على اعتبار أن قوانين الرياضة هى وحدها القوانين اليقينية

ويرى الأستاذ « إدوارد كار » أن علم الطبيعة المعاصر يميل إلى اعتبار أن كلا من المشاهد والشيء المشاهد (الذات والموضوع) يدخل فى النتيجة النهائية للملاحظة والقول بأن هناك انفصالا تاما بين ذات الباحث وموضوعه فى العلم الطبيعى – هو قول يقابل النظرية التقليدية فى المعرفة التى أقامت تفرقة ثنائية حادة بين الذات العارفة ، وموضوع المعرفة . ولكن نظرية المعرفة هذه لم تعد تصلح للعلم الأكثر حداثه ، وبالذات علم الفيزياء – لأن العالم الفيزيائى أصبح اليوم أقل ميلا للظن بأن موضوعات الفيزياء هى أشياء مستقلة عنه ، يصارعها من أجل السيطرة عليها ، وإنما يرى فى هذه الموضوعات أشياء تصلح للتعاون معه ، من أجل إخضاعها لرغباته ، ولهذا فقد بدأ الفلاسفة فى مراجعة نظرية المعرفة التقليدية على أساس أن عملية المعرفة تتضمن قدرا من تأثير كلا الجانبين (الذات والموضوع) على الآخر سئل بلانك : هل تظن أن العقل يمكن تفسيره فى إطار المادة وقوانينها ؟

فأجاب بالنفى ، وأضاف أن العقل شيء أساسى وأن المادة مشتقة من العقل[1] وفى نفس المعنى يقول سيرأرثر ادنجتون « العقل أول شيء مباشر فى خبرتنا ، وكل ما عداه استدلال ، ووجود المادة استدلال وهناك علاقة وثيقة بين ما هو مادى وما هو عقلى »[2].

ويقول سير جيمس جينز « القول أن العالم الطبيعى مستقل عنا محض افتراض وليس واقعة ثابتة ، كان العلم فيما مضى يسلم بأن للمكان والزمن وجودا خارجا عنا سواء أدركناه أم لا ، وأن للمادة وجودها الخارجى فى المكان والزمن .

لكن الفيزياء المعاصرة ربطت العالم الطبيعى ربطا وثيقا بالعقل المدرك[3].

(*) أدوار كار :ما هو التاريخ ترجمة أحمد حمدى محمود مؤسسة سجل العرب ١٩٦٢ ص ٨٢

(١) Joad; **Philosophical Aspects of Modern science,** unwin Books London, 1963 p.12

(٢) Eddington, **The nature of the physical World, Collins London, 1928, p.230**

(٣) J. Jeans, **The new Background of science,** C.V.P London, 1934, pp.71-2

النصوص السابقة لعمالقة علماء الفيرياء المعاصرة وهي توحي بمثاليتهم فهم يتحدثون عن أولوية الوجود العقلي على وجود المادة واستحالة الوصول إلى معرفة موضوعية مطلقة عن العالم المادي وإنما تقوم المعرفة نتيجة تدخل القدرات العقلية بجانب الآلات والأجهزة والمقاييس وأن المعرفة تركيب عقلي Mental Construction تلعب فيها الذات دورا هاما وأساسيا ، ولكون هذه المعرفة عن العالم المادي توضع في صيغ رياضية مجردة فإن المعرفة لاتطابق موضوعية الواقع . وحيث يدخل العقل عنصرا أساسيا في تكوينها ، وليس العقل هنا مجرد جهاز استقبال لما هو موجود في الواقع وإنما يقوم بدور في تأليف ادراكاتنا أو معرفتنا . ولذا فمعرفتنا العلمية تركيب عقلي من عنصري الانطباعات التجريبية والتصورات العقلية ، ويصبح الشيء المدرك - هو الشيء كما يبدو المعاصرة حيث يختلف في رأيه عن العلماء السابق ذكرها . رأى أينشتين أن الكون كله - بما يحوى من ظواهر - عالم موضوعي مستقل عنا وعن ادراكنا - بدأ موقفه بالاشارة إلى أننا حتى في البحث العلمي الدقيق نبدأ ببعض المواقف التي تتخذ صورة معتقدات أساسية ومصادرات أولى .ويذكر من هذه المصادرات العلية والموضوعية حين نذكر أينشتين في نظريته النسبية الخاصة المكان والزمن والمسافة والحركة كلها نسبية بالقياس إلى الملاحظ أو المشاهد ، لا مطلقة - وهو هنا يقصد نسبية فيزيائية فمن الممكن أن تحل الآلات والأجهزة والمعدات محل الإنسان المشاهد .

وحين أقام أينشتين نظرية النسبية العامة كانت نظرته إلى المتصل الزمكاني كشيء مطلق - وهو الكون كله - شيئا مطلقا لايعتمد وجوده على وجود المشاهد أو المدرك - لذا فللكون موضوعيته واستقلاله عن الذات المشاهدة .

المراجع العربية

١ أحمد أمين ود. زكى نجيب « **قصة الفلسفة اليونانية** » ، الأنجلو ، ١٩٦٧

٢ د أحمد فؤاد الأهوانى « **فجر الفلسفة اليونانية** » ، دار حياء الكتب ١٩٥٤

٣ ادوار كـــار . « **ماهو التاريخ** » ترجمة أحمد حمدى محمود ، م. سجل العرب ١٩٦٢

٤ . أرســطو طاليـــس : « **الكون والفساد** » ، ترجمة أحمد لطفى السيد ، الدار القومية . بدون

٥ – د. إسماعيل بسيونى هزاع : « **قصة الذرة** » ، المكتبة الثقافية ، ١٩٦٢

٦ – ألبرت أينشتين : النسبية « **النظرية الخاصة والعامة** » ترجمة د. رمسيس شحاته – مراجعة د. محمد مرسى أحمد . ١٩٦٥

٧ – ألكســندر كواريـه : « **مدخل لقراءة أفلاطون** » ، ترجمة عبد المجيد أبو النجا مراجعة د. أحمد فؤاد الأهوانى – الدار المصرية للتأليف والترجمة . ١٩٦٦

٨ – د. أمام إبراهيم أحمد : « **عالم الأفلاك** » ، المكتبة الثقافية . ١٩٦٢

٩ – د. أمام إبراهيم أحمد : « **نافذة على الكون** » ، المكتبة الثقافية . ١٩٦٥

١٠ – بانيش هوفمان : « **قصة الكم المثيرة** » ، ترجمة د. أحمد مستجير ، مراجعة د. اسحق إبراهيم - دار الكتب العربى ١٩٥٩

١١ – براترنـد رســل : « **النظرة العلمية** » ترجمة عثمان نويه – الأنجلو ١٩٥٦

١٢ – براترنـد رســل : « **أصول الرياضيات** » ترجمة د. محمد مرسى أحمد والأهوانى دار المعارف ١٩٦٤

١٣ · براترند رســل : « **تاريخ الفلسفة الغربية** » ، جزءان ، ترجمة د. زكى نجيب محمود ، لجنة التأليف والترجمة والنشر . ١٩٥٤

١٤ بـوب مـوى **المنطق وفلسفة العلوم** » ، ترجمه د. فؤاد زكريا ، مراجعة د محمود قاسم ، القاهره ١٩٦١

١٥ - د. توفيــق الطــويل : « **أسس الفلسفة** » ، الطبعة الخامسة ، دار النهضة العربية . ١٩٦٧

١٦ ج برونوفســكى : « **ارتقاء الإنسان** » - ترجمة د. موفق شخاخيرو ، مراجعة زهير الكرمى - عالم المعرفة العدد ٣٧ ١٩٨٢

١٧ - جيمــس جيــنز : « **الكون الغامض** » ترجمة عبد الحميد حمدى - مراجعة د. على مصطفى مشرفة - الطبعة الثانية . ١٩٤٢

١٨ - دوجــبرت رنــز : « **فلسفة القرن العشرين** » ، ترجمة د. عثمان نويه ، مراجعة د. زكى نجيب محمود

١٩ - سيمــون وســكاتر : « **الأرض كوكب** » ، ترجمة د. على ناصف - مراجعة د. مصطفى كامل - الألف كتاب . ١٩٦٧

٢٠ - د. زكى نجيب محمود : « **أسس التفكير العلمى** » ، سلسلة كتابك ، العدد ٤ . ١٩٧٧

٢١ - د. زكى نجيب محمود : «**المنطــق الوضعــى** » ، الجزء الثانى فى فلسفة العلوم ، الأنجلو ١٩٦١

٢٢ - د. زكى نجيب محمود : « **نحو فلسفة علمية** » ، الأنجلو

٢٣ - ريدنيــك ، ف : « **ماهــى ميكانيــكا الكــم** » ، ترجمة دارمير للطباعة والنشر . ١٩٧١

٢٤ - د. عبد العظيم أنيس : « **الحضارات القديمة واليونانية** » .. دار الكاتب العربى ١٩٦٧

٢٥ - د. عبد الرحمن بدوى : « **ربيع الفكر اليونانى** » ، النهضة المصرية . ١٩٦٩ ١٩٦٩

٢٦ - د. عبد الحليم منتصر : « **تاريخ العلم** » ، دار المعارف . ١٩٦٩

٢٧ - د. عزمى اسلام : « **مقدمة لفلسفة العلوم** » ، مكتبة سعيد رأفت ١٩٧٧

٢٨ - د. عــلى ســامى : « **أثر هيراقليطس فى تاريخ الفكر الفلسفى** » ، دار المعارف ١٩٦٩

	المؤلف		المرجع	السنة
٢٩	د. علي عبد المعطي		« الفرد نورث هوايتهد » ، فلسفته وميتافيزيقاه	١٩٨٠
٣٠	علي مصطفى مشرفه		« النظرية النسبية الخاصة » لجنة التأليف والترجمة والنشر	١٩٤٥
٣١	د. فؤاد زكريا		« أسبينوزا » دار النهضة العربية	١٩٦٢
٣٢	لانداو وورومر		« ماهي نظرية النسبية » دار مير للطباعة والنشر	١٩٧٨
٣٣	لنكولن بارنت		« العالم وأينشتين » مجموعة أقرأ ... دار المعارف	١٩٥٥
٣٤	مجمع اللغة العربية	:	« معجم الفيزياء النووية والالكترونية » الهيئة العامة للكتاب	١٩٧٤
٣٥	د. محمد جمال الدين الفندي	:	« الفضاء الكوني » ، المكتبة الثقافية	١٩٦١
٣٦	د. محمد علي أبوريان	:	« تاريخ الفكر الفلسفي » ، من طاليس إلى أفلاطون جزء أول .	١٩٧٦
٣٧	د. محمد علي أبوريان	:	« تاريخ الفكر الفلسفي » ، أرسطو ، جزء ثان	١٩٦٧
٣٨	د. محمد علي الغربي	:	« القمر » .. دار المعارف .	١٩٦٢
٣٩	د. محمد مرسي أحمد	:	« نيوتن » ، دار الشرق للنشر والطبع	١٩٤٦
٤٠	د. محمد مهران	:	« في فلسفة الرياضيات » ، دار الثقافة للطباعة والنشر	١٩٧٧
٤١	د. محمد مهران ، د. حسن عبد الحميد		« في فلسفة العلوم ومناهج البحث » ، مكتبة سعيد رأفت	١٩٨٧
٤٢	د. محمود أمين العالم	.	« فلسفة المصادفة » ، مكتبة الدراسات الفلسفية دار المعارف	١٩٦٩
٤٣	د. محمود فهمي زيدان		« الاستقراء والمنهج العلمي » ، دار الجامعات المصرية	١٩٧٧
٤٤	د. محمود فهمي زيدان		« في النفس والجسد » ، دار الجامعات المصرية	١٩٧٩
٤٥	د. محمود فهمي زيدان		« كانط » . دار المعارف	١٩٧٦

٤٦ – د. محمود فهمي زيدان : بحث غير منشور يجرى طبعه الآن

٤٧ – د. محمود قاسم : **« المنطق الحديث ومناهج البحث »** .. الانجلو ١٩٥٤

٤٨ – د. محمود مختار : **« الفيزياء »** – الأنجلو ١٩٦١

٤٩ – د. نازلي اسماعيل : **« الفلسفة الحديثة رؤية جديدة »** ١٩٧٩

٥٠ – ول ديورانت : **« قصة الحضارة »** ١٩٥٥
ترجمة محمد بدران جامعة الدول العربية

٥١ – يوسف كرم : **« تاريخ الفلسفة اليونانية »** ١٩٤٩
دار المعارف

٥٢ – يوسف كرم : **« تاريخ الفلسفة الحديثة »** ١٩٥١

المراجع الأجنبية

1. A. D'ABRO : **The Evolution of scientific thought from Newton to Einstein,** London, Second. ed., 1950

2. ARMOSTRONG : **An Introduction to ancient philosophy,** Methuen Co., London, ed., 1972

3. AYER, A. J., : **The Foundation of Emperical Knowledge,** Macmillan Co., New York, 1940

4. BARNETT, L., : **The Universe and Dr. Einstein,** Collins, London, 1956

5. BECK, S., : **The Simpilicity of science,** Macmillan Co., New York 1956

6. BERGMANN, P., : **Introduction to the theory of Relativity,** Prentice — Hall, Inc., New York, 1942

7. BOLTON, S., : **Famous Men of science,** Copyright By Thomas & Crowell Co., New York 1960

8. BORN, M., : **Natural phiosophy of Cause and chance,** Dover Publication, Inc., New York 1964.

9. BORN, M., : **The Restless Universe,** Blackie & Sons, London 1935

10. BRAGG, W., : **Concernig The Nature of things,** G. Bell & Sons, London 1925

11. BURNET, JOHN., : **"Early Greek philosophy"** From thales to plato, London, Part 2, 1943

12. BURTT, E., : **"The metaphysical foundation of modern physcial Science",**

Kegan Paul, London 1934

13. CONANT, J. B., : **Science and common sense,**
By Yale Univ. Press, London, 1951

14. CONANT, J. B., : **A Historical approach to Understanding of Science,**
Cambridge Univ. Press, London, 1944.

15. CURIE, EVE., : **"Madame Curie"**, Doubleday, 1937

16. DAMPIER, W., : **"A History of science"**,
Macmillan Co., New York, 3 rd ed., 1946

17. DARROW, K., K., : **Introduction to Contemporary physics**, D.Van Nastrand Co., New York. 1926

18. DAVIDSON, P., E., : **"Applied Nuclear Physics"**,
John Wileysons, New York 1942

19. De BROGLIE, L., : **"Matter & Light"**,
W. W. norton & Co., New York 1939

20. DE BROGLIE, L., : **Physics and microphysics,**
Macmillan Co., New York 1954

21. EDDINGTON, A., : **Newpathways in science,**
George allen, London, 1944

22. EDDINGTON, A., : **The philosophy of physical science,**
Cambridge - University Press, London 1939

23. EDDINGTON, A., : **The Nature of the physical World,**
Collier, London, 1928

24. EDDINGTON, A., : **The Expanding Universe,**
Penguin, Middlesex, England 1940

25. EINSTEIN, A., : **"Relativity"** Methuen and Co., London 1920

26. EINSTEIN, INFELD : **The Evolution of physics,**
Simon and schuster, New York 1938

27. EPHRAIM, FRITZ., : **"A text Book of Inorganic chemistry"**, McGrow-Hill Book Co., New York 1950

28. GEORGE, CARNO., : **"The Birth and Death of the sun"**, New Americam Library, New York. 1950

29. GERLACH, W., : **Matter, Electricity, Energy,** D. Van nostrand Co., London. 1928

30. GOTLIND, E., : **"Bertrand Russells, Theories of Causation"** Upsala, 1952

31. GREGORY, J. G., : **A Short History of atomism** A & C Black Co., London 1931

32. HALLIDAY, RENSIK, : **Physics for students of science** Copyright, London, 1960

33. HECHT, SELIG : **"Explanining the atom"**, Viking Press, New York, 1947

34. HEISENBERG, W., : **The Physicists conception of nature,** Hutchinson, London 1958

35. HEISENBERG, W., : **Philosophical problems of nuclear physics,** Macmillan Co., New York. 1958

36. HEITHER, W., : **Elementary Wave mechanics,** Oxford University Press, London. 1945

37. HOFMAN, B., : **The strange story of the Quantum,** Harper & Brothers, New York. 1947

38. HULL, L, W., : **History and philosophy** of science, London, 1st ed., 1959

39. JEANS. J. : **Mysterious Universe,** Macmillan Co., New York 1937

40. JEANS. J., : **The Growth of physical science.** Macmillan Co., New York 1948

41. JEANS. J. : **The New back - Ground of science,** Ann Arbor Paperbacks, The Univ -of Mitchigan, 1 st ed., 1959

42. JEANS. J. : **Physics and philosophy,** Reprinted, Cambridge Univ. Press, London 1948

43. JOAD. C., : **Philosophical Aspects of modern science,** Unwin Books London. 1963

44. JORDAN, P., : **Physics of the 20 th Century,** Philosophical Library. 1951

45. LLBBY, W., : **An introduction to the History of science.**

46. LLNDSAY, R., : Foundation of physics, John wiley & Sons, New York; 1936

47, MACH, E., : **The science of mechanics,** Open court publishing Co., 1942

48. MAGIE, W., : **Source Book in physics,** McGrow -Hill, New York. 1936

49. MELPA, P., : **Quantum mechanics,** Macmillan, ed., by R. sellary and others, 1949

50. MILLIKAN, R., : **Electrons (+ and -),** Chicago Univ. Press. 1947

51. MORITZ, S., : **Casuality in everyday Life and in science,** California Univ. Press, 1954

52. MOTT, S., : **This Mathematical World,** A Pelton & Co., New York 1931

53. MOTT, S., : **This Mechanical World,** Appelton & Co., New York 1932

54. MOTT, S., : **Heat & 1ts working,** D. Appelton & Co., New York. 1933

55. MOULTON & S., : **The Autobiography of science,** Doubleday Doran Co., New York, 1945

56. PLANK, M., : **Philosophy of physics.** Trans by W.H. johnston Allen, London. 1936

57. PLANK, M., : **Where is science going,** penguin ed.,

Midlle Sex, 1937

58. POLLARD & DAVIDSON : **Applied Nuclear physics,** Johnwiley sons Co., New York, 1942

59. RICHARD, F., : **First principles of atomic physics,** By harber & Brothers, New York. 1950

60 ROSSITER, A., : **The Growth of science,** Unwin Books, London 1950

61. RUSSELL, B., : **An Outline of philosophy,** Allen and Unwin, London 1927

62. RUSSELL, B., : **The A B C of Relativity,** Harper & Bros. Kegan paul, London 1925

63. RUSSELL, B., : **Mysticism and Logic,** Unwin Bools, London 1963

64. RUSSELL, B., : **The analysis of matter,** Kegan paul London. 1927

65. RUSSELL, B., : **The problems of philosophy,** Oxford Univ. Press, 1 st ed., 1912

66. RUSSELL, B., : **Our Knowledge of external World,** George Allen & Unwin 1914

67. RUSSRLL, B., : **Human Knowledge, its scope and Limits,** Allen and Unwin, London 1948

68. SCHRODINGER : **Mind and Matter,** Cambridge Univ. Press, London 1958

69. SHAPLEY, H., : **A Soure Book in Astronomy,** Mc Grow - Hill Book Co., New York, 1939

70. SHAPLEY, H., : **Reading in physical science,** George allen, London, 1948

71. SMYTH, H., : **Atomic energy for millitary purpose.** Princeton Univ. Press, New York, 1945

72. STILLMAN, D., : **Discoveries and opinions of Galileo,** London 1989

73. STOKLEY, J., : **Electrons in action**, Mc Grow - Hill Book Co., New York 1946

74. SULLIVAN, J., : **The Bases of modern science**, pelican Books, 1939

75. TREADWELL, H., : **Analytical chemistry**. London. 1957

محتويات الكتاب

الباب الأول تطور علم الطبيعة

الفصل الأول . موجز علم الطبيعة عند القدماء والمحدثين

صفحة

صفحة

صفحة

